This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

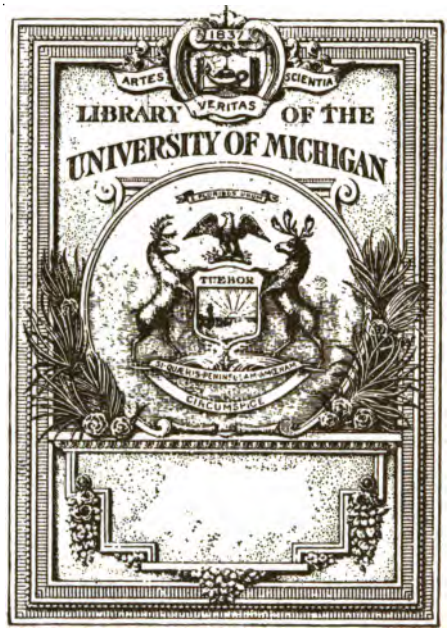
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

B 429371


ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TIBHOR

TK
14
.G3

1057

Leitfaden für den Unterricht

des

Marine-Artillerieverwaltungs-Personals

in der

Elektrotechnik.

Herausgegeben mit Verfügung des Staatssekretärs des Reichs-Marine-Amts

vom 5. Mai 1899. W. 3160.

Berlin 1899.
Ernst Siegfried Mittler und Sohn
Königliche Hofbuchhandlung
Kochstraße 68—71.

Dr Russner

Germany. Marine-Leitung 14/8 1899.

Leitfaden für den Unterricht

des

Marine-Artillerieverwaltungs-Personals

in der

Elektrotechnik.

Herausgegeben mit Verfügung des Staatssekretärs des Reichs-Marine-Amts

vom 5. Mai 1899. W. 3160.

Berlin 1899.
Ernst Siegfried Mittler und Sohn.
Königliche Hofbuchhandlung
Kochstraße 68—71.

Inhaltsübersicht.

Abschnitt I.

Vorbegriffe. Die Grundgesetze der elektrischen und magnetischen Erscheinungen.

Seite

1. Wesen der Elektrizität . . . 1
2. Erzeugung der Elektrizität . 1
3. Reibungselektrizität 2
   - Der elektrische Zustand 2
   - Gute und schlechte Leiter . . . 2
   - Leitungswiderstand 2
   - Isolirung 2
   - Positive und negative Elektrizität. 2
   - Spannungsreihe für Reibungselektrizität. 2
   - Elektrischer Ausgleich. Elektrische Vertheilung 3
   - Die Elektrisirmaschine 3
   - Ansammlungsapparate. (Kondensatoren.) 4
4. Berührungselektrizität . . . 4
   - Voltasche Spannungsreihe . . . 4
   - Spannung. Elektromotorische Kraft 4
   - Spannungsgesetz 4
   - Leiter erster und zweiter Klasse . 4
   - Galvanische Elemente 5
   - Der elektrische Strom 5
   - Elektroden. Positiver und negativer Pol 6
   - Wirkungsweise der galvanischen Elemente 6
   - Polarisation. 6
   - Konstante und inkonstante Elemente 6
   - Mannigfaltigkeit der Elemente . 6
   - Elektromotorische Kraft der Elemente 7
   - Schaltung der Elemente. Batterien 7
5. Magnetismus. Magnetoelektrizität 7
   - Natürliche und künstliche Magnete 7
   - Magnetische Pole. Anziehung und Abstoßung derselben . . 8
   - Erdmagnetismus 8
   - Magnetnadel 8
   - Magnetische Vertheilung . . . 9
   - Permanente (Dauer-) Magnete . 9
   - Remanenter (zurückbleibender) Magnetismus 9
   - Elektromagnete 9
   - Tragkraft der Magnete 9
   - Theorie der magnetischen Kraftlinien 10
   - Magnetisches Feld und Feldstärke 11
   - Magnetische Durchlässigkeit und Sättigung des Eisens . . . 11
   - Eigenschaften der Kraftlinien . . 11
   - Magnetische Induktion 11
6. und 7. Wirkungen des elektrischen Stromes 12
   - Wärmewirkung und Lichtwirkung 12
   - Chemische Wirkung 12
   - Einwirkung auf die Magnetnadel 12
   - Ampèresche Regel 12
   - Wirkung elektrischer Ströme auf einander 12
   - Galvanische Induktion 12
   - Induktionsapparat 13
   - Einwirkung auf weiches Eisen . 13

	Seite
8. Elektrische Maaße und Einheiten	15
Das absolute Maaßsystem	15
Das praktische Maaßsystem	16
Stromstärke	16
Elektrizitätsmenge	16
Elektromotorische Kraft. Potentialdifferenz	16
Widerstand	16
Arbeit. Effekt	16
Das Ohmsche Gesetz	17
Die Kirchhoffschen Gesetze	17
Der spezifische Leitungswiderstand	18
Berechnung des Leitungswiderstandes	18
Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur	18
Widerstand galvanischer Elemente	18
Widerstand verschieden geschalteter Leiter	18
Leitungsfähigkeit	18
Erwärmung der Leiter durch den Strom	19
9. Meßmethoden und Meßinstrumente	19
Absolute und relative Messungen	20
Galvanometer	20
Galvanoskop	20
Tangentenbussole	20
Sinusbussole	21
Torsionsgalvanometer	21
Spiegelgalvanometer	21
Präzisionsgalvanometer	21
Differentialgalvanometer	21
Technische Strom- und Spannungsmesser	22
Dynamometer	23
Torsionsdynamometer	24
Spiegeldynamometer	24
Voltameter	24
Elektrometer	24
Arbeitsmesser, Elektrizitätszähler, Registrirapparate	24
Strommessung	25
Spannungsmessung	25
Widerstandsmessung	26
Rheostaten	26
Messung sehr hoher Widerstände (Isolationswiderstände)	27
Messung von Leitungswiderständen	27
Messungen mit dem Differentialgalvanometer	27
Wheatstonesche Brücke	28
Universalgalvanometer	28
Meßinstrumente und Zubehör	29
I. Galvanometer	29
II. Dynamometer, Voltameter, Elektrometer	31
III. Technische Instrumente. Kontrol- und Registrirapparate	34
IV. Universal-Galvanometer, Meßbrücke, Isolationsprüfer, Rheostaten	35

Abschnitt II.

Die Telegraphie oder das Fernschreiben.

	Seite
1. Geschichtliches	41
2. Der Morse-Telegraph	41
Hauptapparate	41
Die Taste	42
Der Schreibapparat	42
Die Batterie. Kupferelement, Kohlenelement, Trockenelement, Akkumulatoren	43
Das Laden der Sammler	48
Strombedarf beim Telegraphiren	49
Nebenapparate	49
Das Galvanoskop	49
Die Blitzschutzvorrichtung (Platten, Stangen, Spindelblitzableiter)	50
Das Relais	51
Der Wecker	52

	Seite
3. Apparatverbindungen und Schaltungen	53
Stromwender	53
Umschalter	53
Arbeitsstrom und Ruhestrom	56
Der Schreibhebel bei Arbeitsstrom und Ruhestrom	56
Die Erde als Leiter	57
Schaltung zweier Endstationen bei Arbeitsstrom	57
Schaltung zweier Endstationen bei Ruhestrom	58
Endstation für Ruhestrom mit Relais und Ortsbatterie	58
Endstation für Arbeitsstrom mit Wecker	58
Zwischenamt mit zwei Leitungen und einem Apparat für Arbeitsstrom und für Ruhestrom	58
Zwischenamt mit 2 Leitungen und 2 Apparaten (Trennamt)	60
Zwischenamt mit 3 Leitungen und 2 Apparaten. Arbeitsstrom	60
Zwischenamt mit drei Leitungen und drei Apparaten. Arbeitsstrom	60
Uebertragung	60
Vollständige Telegraphenapparate	61
Der leichte Feldtelegraphenapparat	62
Der Feldtelegraphenapparat	62
Stromlaufskizzen für Verbindung von Telegraphenämtern	62
4. Behandlung der Schreibapparate	68
Das Einstellen der Schreibapparate	68
Das Abnehmen der Federtrommel	68
Das Reinigen und Schmieren der Apparate	68
5. Die Telegraphenleitungen	69
Die Erdleitung	69
Die Außenleitung (Luftleitung, Kabelleitung)	69
Die Einführung	72
Die Innenleitung	72
6. Störungen im Telegraphenbetriebe	73
7. Fehlerbestimmung in der Leitung	74
Theilstreckenuntersuchung	74
Fehlerbestimmung durch Messung	74
Berührung zweier Leitungen	75
Ableitung zur Erde	76
Messung des Leitungswiderstandes	77
Prüfung des Isolationszustandes	77
Messungen an Kabeln	77
8. Telegraphie ohne Draht	77

Abschnitt III.

Die Telephonie oder das Fernsprechen.

	Seite
1. Geschichtliches	80
2. Prinzip des Telephons	80
3. Konstruktion des Telephons	80
4. Das Mikrophon	81
5. Nebenapparate: Wecker, Taste, Ein- und Ausschalter, Blitzableiter	83
6. Schaltungen von Apparaten und Stationen	84
Allgemeines Stromlaufschema	84
Fernsprechgehäuse	85
Transportable Telephonstation	85
Der Patrouillenapparat	85
Telephon für laute Sprachübermittelung	86
7. Verbindung und Schaltung von verschiedenen Aemtern	95
Endstation für Arbeitsstrom und Weckbetrieb	95
Ruhestrom-Weckbetrieb	95
Trennanstalten	96
Einschalten eines zweiten Weckers	96
Endamt für Induktions-Weckbetrieb	96

	Seite
Vermittelungsämter	97
Der Klappenschrank	97
Schaltung und Betrieb von Centralstationen	99
Vielfachumschalter	100
8. Wahl der Batterie in Telephonanlagen	101
9. Fernsprechleitungen	101
10. Störungen in Telephonanlagen	103

Abschnitt IV.

Alarm- und Signaleinrichtungen.

	Seite
1. Allgemeines	104
2. Schaltungen von Weckeranlagen	104
Einfache Glockenanlage mit Anruf von verschiedenen Stellen	104
Anlage mit mehreren parallel geschalteten Glocken	105
Anlage mit mehreren hintereinander geschalteten Glocken	105
Wechselseitiger Anruf mit gemeinsamer Batterie	105
Schaltung eines Weckers mit Relais für Arbeitsstrom	106
Schaltung einer Weckeranlage für Ruhestrom	107
Nothsignal- und Alarmanlagen	107
Klingelanlagen mit Tableau	107
3. Kommando- und Zeigerapparate	108
Prinzip der Zeigerapparate	108
Der Geber. Der Empfänger. Die Signalscheibe	110
Die Geberstation. Die Empfängerstation	110
Leitungen	112
Wahl der Stromquelle	112
Verwendung der Signalapparate	112
4. Installation von Signalanlagen	114
5. Unterhaltung der Signalanlagen	115
6. Störungen und Fehler in Signalanlagen	115

Abschnitt V.

Die Starkstromtechnik.

	Seite
1. Entwickelung und Bereich der Starkstromtechnik	116
2. Die Stromerzeuger (Generatoren)	117
Haupttheile einer Dynamomaschine	117
Wirkungsweise einer Dynamomaschine	118
Die Wechselstrommaschine	119
Die Gleichstrommaschine. Der Kommutator	119
Das dynamoelektrische Prinzip	124
Schaltungen der Gleichstrommaschinen	124
Leistung einer Dynamomaschine	125
Wartung der Maschinen	125
3. Die stromaufnehmenden Maschinen (Elektromotoren)	125
Wirkungsweise der Elektromotoren	125
Eintheilung der Elektromotoren	126
Eigenschaften der Gleichstrommotoren	126
Das Anlassen und Abstellen der Elektromotoren	127
Wechselstrom- und Drehstrom	130

	Seite
Definition und Erzeugung des Drehstroms	130
Bau und Wirkungsweise eines Drehstrommotors	131
Eigenschaften des Drehstrommotors	132
Der gewöhnliche Wechselstrommotor	133
Asynchrone und synchrone Drehstrommotoren	133
Vorzüge und Verwendung der Elektromotoren	134
4. Elektrisches Licht	136
Glühlicht. Glühlampen	136
Bogenlicht. Bogenlampen	139
Handlampe, Hauptstromlampe Nebenschlußlampe, Differentiallampe	139
Zusatzwiderstand bei Bogenlampen	141
Das Einstellen der Bogenlampen	141
Lampen mit feststehendem Brennpunkt	141
Das Bogenziehen	142
Aufhängung der Lampen im Freien und in bedeckten Räumen	142
Reflektoren und Scheinwerfer	142
5. Elektrische Beleuchtungsanlagen	150
Wahl und Vertheilung der Lampen	150
System der Stromvertheilung	150
Hochspannung (Transformatoren)	152
Wahl der stromerzeugenden Maschinen. Akkumulatoren	156
Die Antriebsmotoren	159
Schalttafel und Apparate	160
Das Leitungsnetz	161
Die Leitungen	162
Die Installation	165
Sicherheitsvorschriften	166
Apparate für Starkstromanlagen	166
1. Ausschalter und Umschalter	166
2. Sicherungen und Blitzableiter	168
3. Isolatoren, Rollen, Klemmen, Wanddurchführungen	169
4. Verbindungsklemmen, Kabelschuhe, Leitungsabzweigkasten	171
5. Starkstromkabel und Zubehör	171
6. Elektrische Kraftübertragung und Kraftvertheilung	173
Mannigfaltigkeit der Anlagen	173
Elektrischer Antrieb in Fabriken, landwirthschaftlichen Betrieben, auf Schiffen und in Bergwerken	174
Elektrische Eisenbahnen	174
Systeme elektrischer Bahnen.	174
Bahnmotoren	175
Hülfs- und Sicherheitsapparate	175
Beispiele elektrischer Kraftübertragung	176

Anhang.

I. Blitzableiteranlagen.	Seite
Allgemeines	185
Konstruktion und Theile einer Blitzableiteranlage	185
Die Auffangstange	185
Die Leitung	185
Die Erdverbindung	186
Widerstand der Leitung und Erdverbindung	186
Prüfung der Anlage	186

II. Elektrische Minenzündung.	Seite
Allgemeines	187
Haupttheile einer Minenzündanlage	188
Arten der Zündung	188
Der Glühzünder	188
Der Funkenzünder	188
Elektrizitätsquellen	189
Leitungen	189
Litteratur	192

Abschnitt I.

Vorbegriffe. Die Grundgesetze der elektrischen und magnetischen Erscheinungen.

1. Wesen der Elektrizität.

Die Elektrizität ist eine Naturkraft, die gleich den übrigen Naturkräften, z. B. gleich der Schwerkraft, im Stande ist, eine Reihe wichtiger Wirkungen hervorzurufen. Ueber das eigentliche Wesen und die Wirkungsweise der Elektrizität, da dieselbe nicht sichtbar und allein aus ihren Wirkungen erkennbar ist, giebt es nur Annahmen (elektrische Fluida, Aetherschwingungen), welche die auftretenden Erscheinungen und Vorgänge verständlich machen sollen.

Die schnelle Entwickelung der Elektrotechnik und die vielseitige Verwendung der Elektrizität beruht vornehmlich darauf, daß elektrische Kraft sich jederzeit leicht und in verschiedenster Weise erzeugen läßt und elektrische Anlagen sich sowohl den örtlichen Verhältnissen als auch den technischen Bedürfnissen bequem anpassen. Elektrische Apparate, Maschinen und sonstige Kraftquellen haben relativ geringe Abmessungen und kleines Gewicht. Die Fortleitung der Elektrizität ist selbst auf schwierigen Wegen und auf sehr große Entfernungen möglich, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist außerordentlich hoch. Die Bedienung elektrischer Apparate ist meist einfach und mühelos; durch Druck auf einen Knopf, durch Zug an einem Griff lassen sich oft große elektrische Kräfte auslösen und Wirkungen im Augenblick an weit entlegenen Orten erzielen.

2. Erzeugung der Elektrizität.

Je nach den Mitteln, durch welche die Elektrizität erweckt wird, erhält sie verschiedene Namen. Man spricht beispielsweise von

1. Reibungselektrizität,
2. Berührungselektrizität (Galvanismus),
3. Magnetoelektrizität (durch Magnetismus erzeugt),
4. Thermoelektrizität (durch Temperaturveränderung erzeugt),
5. Thierischer Elektrizität und
6. Atmosphärischer oder Luftelektrizität.

Wie aber auch die Elektrizität erzeugt sein mag, ihrem Wesen nach bleibt sie immer dieselbe.

Von diesen Erzeugungsarten werden nur die drei ersten und im Anhang auch die letzte als besonders wichtig berücksichtigt.

3. Reibungselektrizität.

Der elektrische Zustand.

Reibt man einen Glasstab, eine Siegellackstange oder Schwefel mit Wollentuch oder Seidenzeug, so ziehen diese geriebenen Körper andere leichte Körperchen (Papierschnitzel, Hollundermarkkügelchen) an und stoßen sie danach wieder ab. Man sagt von einem solchen Körper: er befindet sich im elektrischen Zustande. Diese Erscheinung kann unter gewissen Bedingungen fast an allen Körpern hervorgerufen werden. Man beobachtete sie schon früh am Bernstein (griech. Elektron), und gab danach der Elektrizität ihren Namen.

Gute und schlechte Leiter. Leitungswiderstand. Isolirung.

Die Elektrizität zeigt das Bestreben von einem Körper auf die umgebenden Körper überzugehen und sich auf denselben auszubreiten. Körper, welche dem Uebergang der Elektrizität und deren Ausbreitung nur ein ganz geringes Hinderniß entgegensetzen, nennt man gute Leiter oder auch kurzweg Leiter der Elektrizität, während jene Körper, welche dem Uebergang der Elektrizität und deren Ausbreitung einen großen Widerstand bieten, als schlechte Leiter, Nichtleiter oder Isolatoren bezeichnet werden. Völlige Nichtleiter giebt es nicht, ebensowenig giebt es völlig widerstandslose Leiter; jeder Körper setzt der Ausbreitung und Fortpflanzung der Elektrizität einen bestimmten Widerstand entgegen. (Leitungswiderstand.)

Gute Leiter sind: Metalle, Kohle, Graphit, Säuren, Salzlösungen, Regenwasser, feuchter Schnee, unter Umständen auch lebende Pflanzen und Thiere.

Halbleiter sind: Trockenes Holz, Horn, Papier, feuchte Luft.

Nichtleiter sind: Glas, Porzellan, Glimmer, Harz, Kautschuk, Wachs, Paraffin, Guttapercha, Schwefel, Elfenbein, Seide, trockene Luft.

Um einen guten Leiter in einen bleibenden elektrischen Zustand versetzen und darin erhalten zu können, muß man ihn vorher mit möglichst nicht leitenden Stoffen umgeben. Einen solchen Körper nennt man isolirt.

Positive und negative Elektrizität.

Wird eine Glasstange mit Seidenzeug, und eine Siegellackstange mit Wollentuch gerieben, so besteht zwischen ihren elektrischen Zuständen ein Unterschied, ein gewisser Gegensatz. Im Allgemeinen bezeichnet man die Elektrizität der Glasstange als positive (+), die der Harzstange als negative (—) Elektrizität.

Es gilt das Gesetz: Gleiche Elektrizitäten stoßen sich ab, ungleiche Elektrizitäten ziehen einander an.

Spannungsreihe für Reibungselektrizität.

Wählt man aus der nachfolgenden Reihe zwei Körper aus und reibt sie gegeneinander, so wird der in der Reihe vornstehende positiv, der nachstehende negativ elektrisch. + Haare (Katzenfell), Glas, Wolle, Baumwolle, Seide, Holz, Metalle, Siegellack, Schwefel —.

Elektrischer Ausgleich und elektrische Vertheilung.

Ungleiche Elektrizitäten suchen sich zu vereinigen und in ihren Wirkungen gegenseitig aufzuheben (elektrischer Ausgleich).

Nähert man einen elektrischen Körper einem anderen isolirten Körper (nicht bis zur Berührung), so wird der Letztere auch elektrisch, und zwar enthält er am zugewandten Ende die entgegengesetzte, am abgewandten die gleiche Elektrizität, wie der genäherte Körper. Fig. 1. Sobald der elektrische Körper entfernt wird, tritt in dem isolirten Körper wieder der neutrale oder nicht elektrische Zustand ein. (Elektrische Vertheilung oder Influenz.) Die

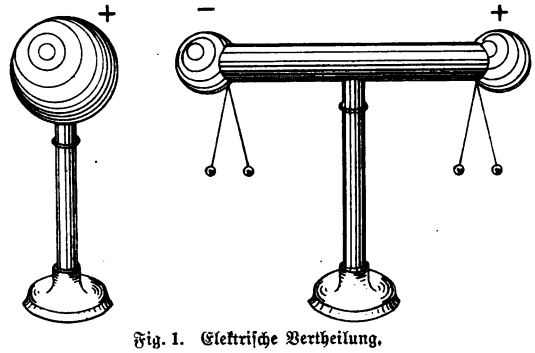


Fig. 1. Elektrische Vertheilung.

Menge der influenzirten ist abhängig von der Menge der genäherten Elektrizität, vom Abstande der beiden Körper und von dem isolirenden Stoffe, welcher die Körper trennt.

Die Elektrisirmaschine.

Zur Erzeugung größerer Elektrizitätsmengen durch Reibung bedient man sich der Elektrisirmaschine. Fig. 2. Dieselbe besteht der Hauptsache nach aus der Vorrichtung zum Hervorrufen und der Vorkehrung zum Ansammeln der Elektrizität.

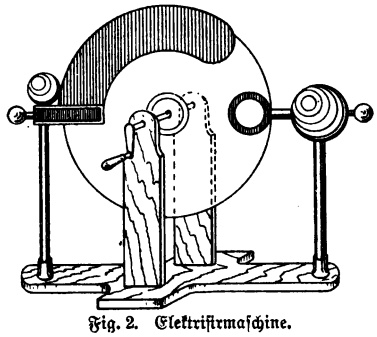


Fig. 2. Elektrisirmaschine.

Die erstere besitzt als nicht leitenden geriebenen Körper meist eine um eine gläserne Achse drehbare Glasscheibe, als gut leitenden reibenden Körper zwei flache mit Amalgam (Mischung von 2 Theilen Quecksilber, 1 Theil Zink, 1 Theil Zinn und Schweinefett) bestrichene Lederkissen.

Die letztere ist ein durch Glasfuß isolirter kugelförmiger Leiter (Konduktor oder Sammelkugel), die zum Einsaugen der auf der Glasscheibe erzeugten Elektrizität mit zwei innen mit Metallspitzen versehenen Holzringen ausgerüstet ist. Beim Drehen der Glasscheibe wird diese positiv, das Reibzeug negativ elektrisch. Will man die positive Elektrizität gewinnen, so muß man die negative Elektrizität des Reibzeuges zur Erde ableiten. Man kann auch die negative Elektrizität des Reibzeuges erhalten mittelst eines zweiten

Konduktors, wenn man die positive Elektrizität des ersten Konduktors zur Erde ableitet.

Ansammlungsapparate.

Zum Anhäufen oder Verdichten der Elektrizität bedient man sich außer dem oben genannten Konduktor auch noch besonderer Ansammlungsapparate oder Kondensatoren (Verdichter), deren Wirkungsweise auf dem Prinzip der Influenz beruht. Sie bestehen im Wesentlichen alle aus zwei parallel gestellten leitenden Platten, welche durch eine feste, nicht leitende Schicht (Glas, Glimmer) getrennt sind. Die eine Platte wird mit der Elektrizitätsquelle verbunden, die andere wird zur Erde geleitet. Die der ersten Platte zugeführte Elektrizität und die auf der zweiten Platte influenzirte, ihr ungleichnamige Elektrizität binden sich gegenseitig. Zu den elektrischen Kondensatoren gehören außer dem eigentlichen Kondensator die Franklinsche Tafel und die Leydener Flasche. Fig. 3, 4 und 5.

4. Berührungselektrizität.

Die Berührungselektrizität oder galvanische Elektrizität wurde gegen Ende des vorigen Jahrhunderts von Galvani, einem Arzt in Bologna, entdeckt und von Volta weiter untersucht. Der Letztere wies nach, daß bei der Berührung zweier Metalle oder überhaupt zweier chemisch verschiedener Leiter der Elektrizität eine Elektrizitätserregung stattfindet, indem der eine Körper positive, der andere negative Elektrizität erhält.

Voltasche Spannungsreihe.

Die Metalle lassen sich in eine Reihe — Voltasche Spannungsreihe — anordnen, welche die Eigenschaft hat, daß jedes derselben mit einem folgenden berührt positiv, mit einem vorhergehenden negativ elektrisch wird: + Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Platin, Gold —.

Elektrische Spannung. Elektromotorische Kraft.

Zwischen je zwei in der Reihe enthaltenen Substanzen wird durch die Berührung eine bestimmte, elektrische Spannungsdifferenz erzeugt, welche lediglich von ihrer Substanz, nicht aber von ihrer Form und der Größe der Berührungsfläche abhängt. Diese Spannungsdifferenz ist um so größer, je weiter die Substanzen in der Reihe auseinanderstehen.

Die Ursache, welche die Elektrizitätsentwickelung hervorruft, muß in einer besonderen Kraft gesucht werden, welche an der Berührungsstelle beider Substanzen in Wirkung tritt und „elektromotorische Kraft“ genannt wird. Die Wirkung dieser Kraft besteht darin, daß sie eine bestimmte elektrische Spannungsdifferenz zwischen den beiden Substanzen erzeugt und dauernd zu erhalten sucht.

Spannungsgesetz.

Die elektromotorische Kraft zweier Glieder der Spannungsreihe ist gleich der Summe der elektromotorischen Kräfte der Zwischenglieder.

Leiter erster und zweiter Klasse.

Auch bei der Berührung von Metallen mit leitenden nicht metallischen Flüssigkeiten (Säuren, Alkalien, Salzlösungen) treten elektromotorische Kräfte auf. Die Flüssigkeiten lassen sich aber nicht in die Spannungsreihe der Metalle einordnen, sie folgen nicht dem Spannungsgesetz.

Die Metalle (und außer ihnen noch Kohle und Braunstein), welche dem Spannungsgesetz folgen, nennt man Leiter erster Klasse. Die Leiter, welche dem Spannungsgesetz nicht folgen, werden Leiter zweiter Klasse genannt.

Die Verbindung von Leitern erster Klasse untereinander zu einem geschlossenen Leitungskreis liefert keine freie Elektrizität. Die Verbindungen von Leitern erster Klasse mit solchen zweiter Klasse (galvanische Elemente) sind Quellen freier Elektrizität.

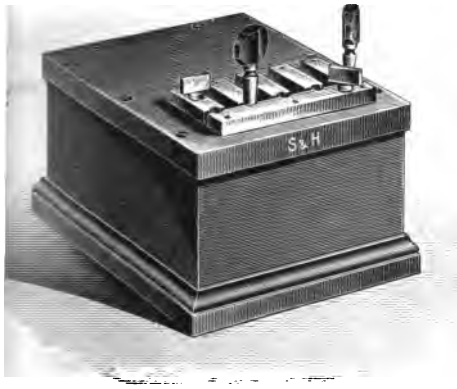


Fig. 3. Kondensator.

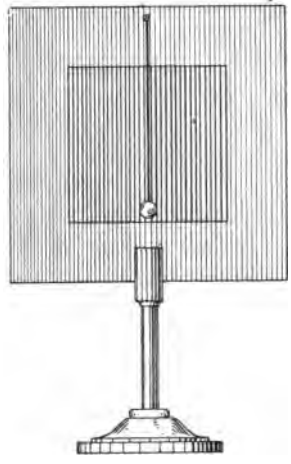


Fig. 4. Franklinsche Tafel.

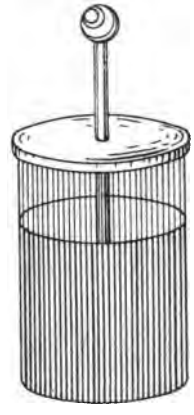


Fig. 5. Leydener Flasche.

Galvanische Elemente.

Taucht man in ein mit angesäuertem Wasser angefülltes Gefäß gleichzeitig einen Zink- und einen Kupferstreifen in der Weise ein, daß sich die beiden Streifen nicht berühren, und mit dem einen Ende aus der Flüssigkeit herausragen, so tritt an dem freien Ende des Kupferstreifens positive, an dem des Zinkstreifens negative Elektrizität auf. Verbindet man durch einen metallischen Leiter (Draht) die beiden hervorragenden Enden, so findet ein Ausgleich der beiden ungleichnamigen Elektrizitäten statt. Fig. 6.

Nach dem Ausgleich tritt aber durch die Wirkung der elektromotorischen Kraft sofort neue Elektrizität auf, die sich wieder durch den Schließungsdraht oder die Leitung ausgleichen kann. Indem so die Elektrizitätserzeugung mit dem Ausgleich gleichen Schritt hält, entsteht in der Richtung vom äußeren Kupferende zum äußeren Zinkende ein elektrischer Strom, dessen Kreis sich im Innern

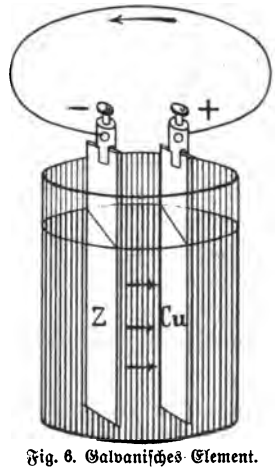


Fig. 6. Galvanisches Element.

Elektrischer Strom.

Elektroden. Positiver und negativer Pol.

des Elementes von Zink zu Kupfer durch die Flüssigkeit schließt. Die beiden Körper, durch deren Gegenüberstellung in einem galvanischen Elemente Elektrizität erzeugt wird, nennt man die Elektroden. Die aus der Flüssigkeit hervorstehenden Enden der Elektroden, welche zur Herstellung der Leitungsverbindung dienen, werden die Pole des Elementes genannt, und zwar bildet beispielsweise bei einem Zink-Kupferelement das Kupfer den positiven und das Zink den negativen Pol des Elementes.

Wirkungsweise der galvanischen Elemente.

Es wickelt sich in den Elementen bei geschlossenem Stromkreise ein fortdauernder chemischer Prozeß ab, wobei stets eine der beiden Elektroden, und zwar diejenige, an welcher sich die negative Elektrizität ansammelt, aufgelöst wird. (Lösungselektrode.) Die Erzeugung der Elektrizität in den Elementen kann nur so lange vor sich gehen als noch Bestand an zu lösendem Metall und freier Säure vorhanden ist.

Polarisation.

Galvanische Elemente mit nur einer Säure zeigen bei längerer Wirksamkeit eine stetige Abnahme der stromerregenden Kraft. Die Ursache dieser Erscheinung, welche man Polarisation nennt, ist folgende: Der elektrische Strom zerlegt bei Lösung der Metallelektrode stets gleichzeitig Wasser in seine Bestandtheile, nämlich in Wasserstoff und Sauerstoff. Der Sauerstoff verbindet sich mit dem Lösungsmetall zu einem Metalloxyd, welches mit der freien Säure ein Metallsalz bildet; der Wasserstoff hingegen setzt sich an die andere Elektrode als Gasschicht an und wirkt der Lösungselektrode entgegen.

Konstante und inkonstante Elemente.

Elemente, welche durch Polarisation geschwächt werden und daher keinen stets gleich starken Strom liefern, nennt man inkonstante Elemente. Elemente, bei welchen die schädliche Wirkung der Polarisation aufgehoben ist und die daher einen stets gleich starken Strom liefern, nennt man konstante Elemente.

Ein Mittel, die Polarisation zu beseitigen, besteht darin, daß man mit der Elektrode, an welcher der Wasserstoff sich ansetzen würde, einen sauerstoffreichen Körper [Braunstein] zusammenbringt, der einen Theil seines Sauerstoffes abgiebt, mit dem zusammen der Wasserstoff zu Wasser wird; oder aber man taucht jede Elektrode in eine besondere, zersetzbare Lösung z. B. Zink in Zinkvitriol und Kupfer in Kupfervitriol. Der frei werdende Wasserstoff verbindet sich alsdann mit dem Sauerstoff des gebildeten Kupferoxydes gleichfalls zu Wasser, während Kupfer niedergeschlagen wird.

Mannigfaltigkeit der Elemente.

Die Zahl der verschiedenen Ausführungen von galvanischen Elementen ist ziemlich groß. Sie unterscheiden sich durch die Wahl der Elektroden und der Flüssigkeiten und durch die Anordnung des Zusammenbaues. Von den Elementen mit nur einer Flüssigkeit ist wohl das gebräuchlichste das Leclanché-Element. (Zink und Kohle mit Braunstein in Salmiaklösung.) Von den Elementen mit zwei Flüssigkeiten ist das älteste und bekannteste das Daniell-Element. (Zink in verdünnter Schwefelsäure, Kupfer in Kupfervitriollösung, die Flüssigkeiten durch porösen Thoncylinder getrennt.) Eine besondere Abtheilung bilden die sogenannten Trockenelemente, die neuerdings

viel Verwendung finden. Diejenigen Elemente, welche hauptsächlich bei der Marine Verwendung finden, werden später (Seite 43 und folgende) eingehender behandelt. Fig. 7 bis 10.

Elektromotorische Kraft der Elemente. Schaltung. Batterie.

Die elektromotorische Kraft der Elemente ist von derselben Größenordnung wie die der sich berührenden Metalle. Auch hier hängt ihre Größe lediglich von den Substanzen und nicht von der Größe der Elektroden ab; dagegen ist ein Element mit größeren Elektroden im Stande einen stärkeren Strom herzugeben. Die Vereinigung mehrerer Elemente zu einer Stromquelle nennt man Batterie.

Fig. 11. Batterie mit hintereinander geschalteten Elementen.

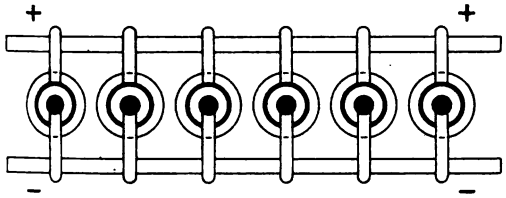


Fig. 12. Batterie mit parallel geschalteten Elementen.

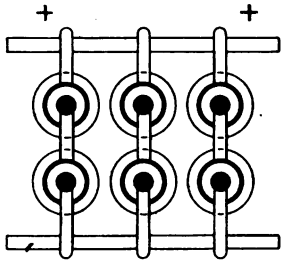


Fig. 13. Batterie mit gruppenweise parallel geschalteten Elementen.

Verlangt man von einer Batterie hohe Spannung bei geringer Stromstärke, so sind die einzelnen Elemente hintereinander zu schalten, d. h. derartig zu verbinden, daß der negative Pol eines vorhergehenden Elementes mit dem positiven Pol des folgenden leitend durch einen Draht vereinigt ist. Fig. 11.

Will man von einer Batterie hohe Stromstärke bei geringer Spannung haben, so sind die Elemente parallel zu schalten, d. h. es sind sämmtliche negative Pole miteinander leitend zu verbinden und ebenso sämmtliche positive Pole. Fig. 12.

Die Hintereinanderschaltung und die Parallelschaltung von Elementen können auch gleichzeitig an derselben Batterie kombinirt vorkommen. Fig. 13.

5. Magnetismus, Magnetoelektrizität.

Zwischen Elektrizität und Magnetismus bestehen enge Beziehungen und Wechselwirkungen, die gleichfalls zur Erzeugung von Elektrizität verwerthet werden können.

Natürliche und künstliche Magnete.

Körper, welche die Fähigkeit besitzen, Eisen anzuziehen und festzuhalten, nennt man Magnete. Zuweilen findet man Magneteisensteine, welche diese Eigenschaft von Natur aus besitzen. (Natürliche Magnete.)

(Im Alterthum wurden solche Eisenerze in Magnesia, einer Stadt in Kleinasien, aufgefunden, woraus die Bezeichnung Magnet zu erklären ist.)

Nicht magnetische Magneteisensteine und Stahl können durch verschiedene Methoden dauernd magnetisch gemacht werden. (Künstliche Magnete, Stahlmagnete.) Weiches Eisen wird gleichfalls magnetisch, jedoch nur so lange, als es unter der Einwirkung einer magnetisirenden Kraft steht.

Magnetische Pole. Anziehung und Abstoßung derselben.

Jeder Magnet besitzt zwei Stellen, an welchen die Anziehungskraft am größten ist. (Magnetische Pole.) Dazwischen befindet sich eine Stelle, welche fast gar keine Anziehung auf Eisen ausübt. (Die Mittellinie.) Hängt man einen Magnetstab in der Mitte an einem Faden auf, so nimmt er stets die Lage von Norden nach Süden ein, und zwar zeigt immer ein und derselbe Pol nach Norden (der Nordpol), der andere nach Süden (der Südpol).

Nähert man den Nordpol eines aufgehängten Magnetstabes dem Nordpol eines anderen Magneten, so wird der Magnetstab abgestoßen, bei Annäherung des Südpoles wird der Nordpol angezogen. *Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige Pole ziehen einander an.* Die Stärke der Anziehung resp. Abstoßung ist proportional dem Magnetismus der Pole und umgekehrt proportional dem Quadrate ihrer Entfernung von einander.

Erdmagnetismus.

Die Erde selbst ist als ein Magnet zu betrachten, dessen Südpol gegen den geographischen Nordpol zu liegt.

Magnetnadel.

Statt des aufgehängten stabförmigen Magneten wählt man meist kräftig magnetisirte Stahlnadeln, welche in der Mitte ein Stahl- oder Achathütchen

Fig. 7. Kleines Leclanché-Element mit Braunsteincylinder.

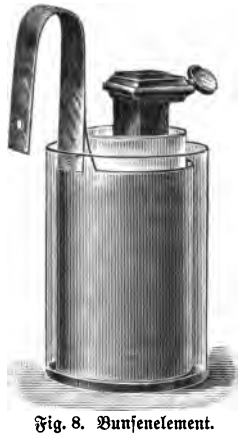


Fig. 8. Bunsenelement.

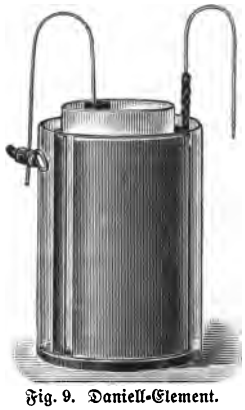


Fig. 9. Daniell-Element.

tragen, mit welchem sie auf eine Stahlspitze frei schwebend aufgesetzt werden. Die Magnetnadeln finden Verwendung beim Kompaß und in der praktischen Telegraphie. Fig. 14.

Magnetische Vertheilung.

Nähert man einem Stäbchen aus weichem Eisen den Pol eines Magneten, so wird dasselbe auch magnetisch. Nach der Entfernung des Magneten verliert es seinen Magnetismus wieder.

Permanente (Dauer-) Magnete.

Ein gehärteter Stahlstab wird durch Berührung mit dem Pole eines Magneten ebenfalls magnetisch; er behält seinen Magnetismus auch dann, wenn der magnetisirende Pol entfernt wird (Koërzitivkraft).

Remanenter (zurückbleibender) Magnetismus.

Berührt man statt des Stahlstabes einen Stab aus weichem Eisen, so verliert dieser nach der Entfernung des Poles den Magnetismus der Hauptsache nach wieder; ein geringer Theil desselben bleibt jedoch zurück. [Remanenter Magnetismus. Remanenz.]

Fig. 10. Trockenelemente im Wandkasten.

Erzeugung künstlicher Magnete. Elektromagnet.

Zur Erzeugung künstlicher Magnete setzt man den Pol eines kräftigen Magneten an die Mitte des zu magnetisirenden Stahlstabes und streicht etwa zwanzig Mal langsam bis an das eine Ende, indem man von da in einem Bogen immer wieder in die Mitte des Stabes zurückgeht. Darauf behandelt man mit dem entgegengesetzten Pole die andere Hälfte des Stabes in gleicher Weise (künstlicher Stahlmagnet). Fig. 15 u. 16.

Kräftig wirkende Magnete erhält man auch, wenn man um einen Eisenstab einen elektrischen Strom in vielen Windungen herumführt (Elektromagnet). Fig. 17.

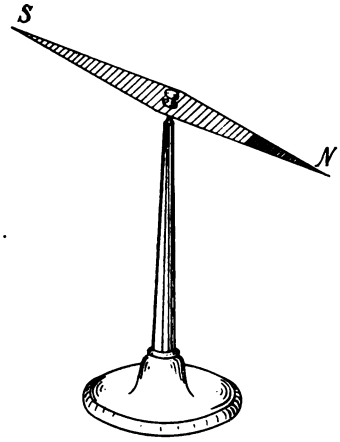


Fig. 14. Magnetnadel.

Tragkraft der Magnete.

Die Stärke des Magnetismus wird durch das Gewicht des festgehaltenen Eisens ausgedrückt. Um die Tragkraft eines Magneten zu erhöhen, giebt man ihm hufeisenförmige Gestalt.

Um die Anziehungskraft eines Stahlmagneten ungeschwächt zu erhalten, legt man an die Pole ein Stück weichen Eisens (Anker). Größere Stahlmagnete, sogenannte magnetische Magazine, setzt man aus einzelnen Lamellen zusammen.

Die Stärke des Magnetismus nimmt nur bis zu einer gewissen Grenze zu, man sagt alsdann: der Magnet ist gesättigt.

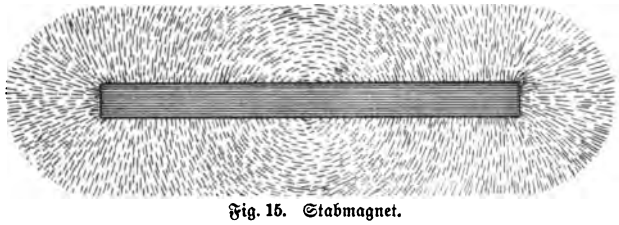


Fig. 15. Stabmagnet.

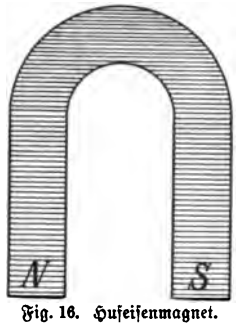


Fig. 16. Hufeisenmagnet.

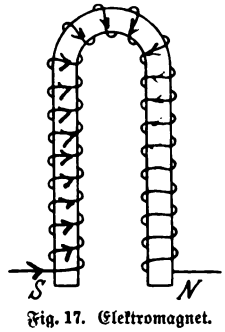


Fig. 17. Elektromagnet.

Größere hufeisenförmige Stahlmagnete von 30 bis 50 kg vermögen etwa das Fünffache ihres eigenen Gewichtes zu tragen, kleinere noch mehr. Elektromagnete können bei 30 kg Gewicht etwa das Dreißigfache ihres eigenen Gewichts tragen. (Ein kleiner hufeisenförmiger Elektromagnet von 25 mm Länge und 15 mm Breite trug sogar das 420fache seines Gewichts.)

Theorie der magnetischen Kraftlinien.

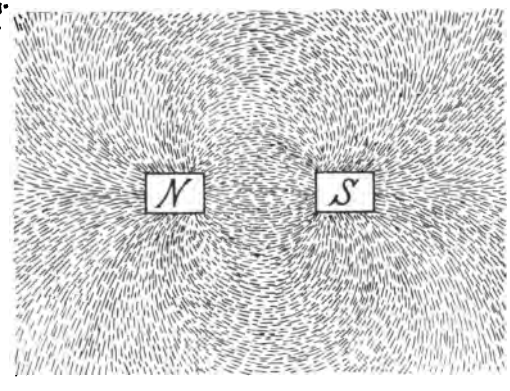


Fig. 18. Magnetisches Feld.

Die Vertheilung und Richtung der magnetischen Anziehungs- und Abstoßungskräfte in der Nähe eines Magneten kann anschaulich gemacht werden, indem man auf ein über den Magneten gelegtes Blatt Papier Eisenfeilspähne streut. Diese häufen sich am stärksten in der Nähe der Pole und ordnen sich zu regelmäßig gestalteten Kurven. Ihre Richtung giebt in jedem Punkt die Richtung der magnetischen Kraft an, die Kurven werden deshalb magnetische Kraftlinien genannt.

Jede solche Kraftlinie beschreibt einen geschlossenen Weg, und zwar verläuft sie außerhalb des Magneten vom Nordpol zum Südpol und innerhalb desselben kehrt sie vom Südpol zum Nordpol zurück. Fig. 18.

Einen von Kraftlinien erfüllten Raum nennt man magnetisches Feld. Die Anzahl der Kraftlinien pro Quadratcentimeter bezeichnet die Feldstärke oder Felddichte. Durch Hineinbringen von Eisen in den gesammten Kreislauf des magnetischen Feldes kann die Zahl der Kraftlinien unter Umständen sehr stark erhöht werden, da Eisen sehr durchlässig für magnetische Kraftlinien ist. Magnetisches Feld. Feldstärke.

Weiches Schmiedeeisen ist durchlässiger als Gußeisen, beim ersten können bis zu 24000 Kraftlinien pro Quadratcentimeter auftreten, beim Letzteren 16000, je nach der Stärke der magnetisirenden Kraft. Durchlässigkeit und Sättigung des Eisens.

Ueber diese Grenzen hinaus läßt sich die Felddichte des Eisens nicht verstärken, man sagt: das Eisen ist gesättigt.

Gleich gerichtete Kraftlinien stoßen einander ab, ungleich gerichtete ziehen einander an. Die gegenseitige Wirkung zweier magnetischer Felder ist proportional ihren Felddichten. Eigenschaften der Kraftlinien.

Wenn sich in irgend einem magnetischen Felde ein beliebiger Leiter bewegt, so wird in Letzterem eine elektromotorische Kraft induzirt. Ist der bewegte Leiter geschlossen, so entsteht in ihm ein elektrischer Strom. Magnetische Induktion.

Dasselbe findet auch schon bei ruhendem Leiter statt, sobald nur eine Aenderung der Lage oder der Stärke des Feldes eintritt.

Diese wichtige Art der Elektrizitätserzeugung, auf welcher auch der Bau elektrischer Maschinen beruht, wird später noch eingehender besprochen. Sie läßt sich durch folgenden Versuch ausführen:

In eine aus feinem isolirten Draht gebildete Rolle oder Spirale, deren Enden leitend verbunden sind, wird ein kräftiger Magnet schnell hineingestoßen oder aus derselben herausgezogen. In beiden Fällen entsteht ein Induktionsstrom, dessen Richtung beim Herausziehen die entgegengesetzte ist, wie beim Hineinstoßen. Die Richtung des Stromes ist außerdem abhängig von der Wahl des Poles, welcher der Oeffnung der Spirale zugekehrt wird. Bleibt der Magnetstab in Ruhe, so ist die Drahtrolle stromlos. Fig. 19.

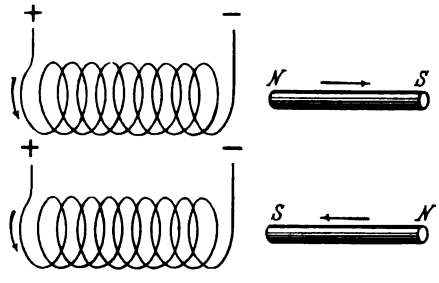


Fig. 19. Magnetische Induktion.

Steckt man in die Drahtrolle einen weichen Eisenkern, so treten dieselben Erscheinungen in dem Draht auf, wenn man dem Kerne einen Magnetstab rasch nähert, bezw. ihn von demselben entfernt. Es kann auch ein Magnet in die Rolle gesteckt und ein Eisenstab genähert oder entfernt werden.

6. Die Wirkungen des elektrischen Stromes im Stromkreise selbst.

Wärmewirkung und Lichtwirkung.

Ist ein Leiter in seiner ganzen Ausdehnung ein fester Körper, so wird durch einen elektrischen Strom in ihm nur Wärme erzeugt.

Die Wärme ist dem Widerstande des Leiters und dem Quadrate der Stromstärke direkt proportional.

Auf der Wärmewirkung beruht beispielsweise die elektrische Beleuchtung und die Minenzündung. In anderen Fällen tritt sie aber störend auf und muß durch passende Größenverhältnisse vermieden werden.

Chemische Wirkung (Elektrolyse).

Fließt der elektrische Strom durch eine zersetzbare Flüssigkeit, so wird dieselbe in ihre Bestandtheile zerlegt; beispielsweise Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff; Salzsäure in Wasserstoff und Chlor. Aus wässerigen Lösungen von Metallsalzen (Verbindung eines Metalloxydes mit einer Säure) werden Metalle, Gold, Silber, Kupfer, Blei ausgeschieden. Die in der Zeiteinheit entwickelte Gasmenge oder die Menge des niedergeschlagenen Metalles ist der Stromstärke direkt proportional.

Die chemische Zersetzung wird in Bergwerken zur Gewinnung der Metalle und in der Galvanoplastik benutzt.

7. Die Wirkungen des elektrischen Stromes außerhalb des Stromkreises. (Fernwirkungen.)

Einwirkung auf die Magnetnadel.

Wird an einer frei schwebenden Magnetnadel ein elektrischer Strom vorbeigeführt, so wird sie aus ihrer normalen Richtung von Süden nach Norden abgelenkt. Fig. 20.

Zur Bestimmung der Richtung der Ablenkung gilt folgende Regel:

Ampèresche Regel.

Denkt man sich selbst den Kopf nach vorne in dem Leiter in der Richtung des Stroms so schwimmend, daß das Gesicht der Nadel zugekehrt ist, so wird der Nordpol der Nadel stets nach links abgelenkt.

Die ablenkende Wirkung wird dadurch verstärkt, daß man den Strom in vielen Windungen an der Nadel vorbeiführt. (Multiplikator.)

Fig. 20. Batterieprüfer.

Wirkung elektrischer Ströme auf einander.

Zwei parallele Stromleiter ziehen einander an, wenn sie von gleichgerichteten, stoßen einander ab, wenn sie von entgegengesetzt gerichteten Strömen durchflossen werden. Kreuzen sich zwei benachbarte Leiter unter einem beliebigen Winkel, so sind die anziehenden und abstoßenden Wirkungen zwischen ihren einzelnen Theilen so beschaffen, daß sie die Stromrichtungen parallel und gleich zu stellen streben. Fig. 21.

Galvanische Induktion.

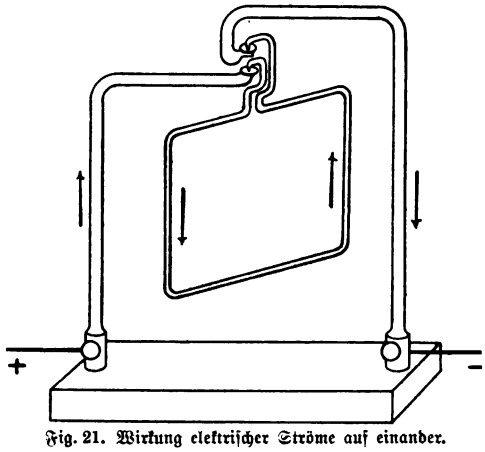
Im Augenblick des Entstehens oder Verschwindens eines elektrischen Stromes werden in benachbarten geschlossenen Stromleitern ebenfalls elektrische Ströme erzeugt. (Induktionsströme.) Fig. 22.

Die Erscheinung ist ähnlich wie bei der magnetischen Induktion und läßt sich darauf zurückführen, daß jeder strombdurchflossene Leiter in seiner Nähe ein magnetisches Feld bildet.

Dieser Induktionsstrom wird nicht nur in einem benachbarten Leiter, sondern auch im Leiter selbst hervorgerufen (Selbstinduktion, Extrastrom), und kommt namentlich zur Wirkung beim Oeffnen des Stromkreises einer stromführenden Drahtspirale. Der Oeffnungsextrastrom ist dem erzeugenden Strome gleichgerichtet und giebt Veranlassung zu Funkenbildungen an der Unterbrechungsstelle.

Induktionsapparat.

Sehr kräftige Induktionswirkungen erhält man, wenn über ein Bündel dünner, weicher Eisendrähte zwei Spiralen isolirten Drahtes gewickelt werden. Die eine Spirale enthält eine mäßige Anzahl starken Drahtes (primäre, induzirende Spirale). Sie wird mit einer Stromquelle verbunden, deren Strom in schneller Aufeinanderfolge geschlossen und unterbrochen wird. Darüber ist eine zweite Spirale aus dünnem, isolirten Draht in sehr vielen Windungen herumgelegt (sekundäre oder Induktionsspirale); in ihr werden die Induktionsströme erzeugt, die sich oft in langer Funkenstrecke durch die Luft schließen und auf menschliche und thierische Organismen heftige physiologische Wirkungen auszuüben im Stande sind. Fig. 23 u. 24.



Einwirkung des elektrischen Stromes auf weiches Eisen.

Fig. 21. Wirkung elektrischer Ströme auf einander.

Wird auf einen Kern von weichem Eisen eine Anzahl Windungen isolirten Leitungsdrahtes geschoben und ein elektrischer Strom durch denselben geschickt, so wird das Eisen kräftig magnetisch. (Elektromagnet, wie schon früher erwähnt.) Der Magnetismus ist in gewissen Grenzen der Stromstärke und der Windungszahl der Magnetisirungsspirale direkt proportional.

Zur Bestimmung der Pole des Elektromagneten gilt die Regel: Man denke sich selbst mit dem Kopfe nach vorn in dem um den Eisenkern gewundenen Draht in der Richtung des Stromes so schwimmend, daß das Gesicht dem Eisenkern zugewandt ist, so liegt der Nordpol stets zur linken Hand.

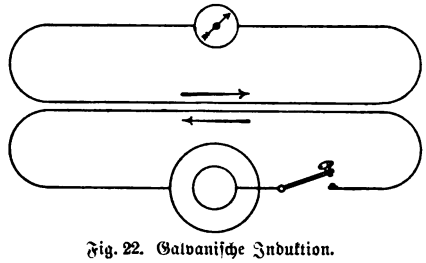


Fig. 22. Galvanische Induktion.

Wird die Stromrichtung in der Magnetisirungsspirale umgekehrt, so wechseln auch die Pole ihre Lage gegenseitig aus.

Wird einer solchen Drahtspirale ohne Eisenkern (Solenoid) an der Oeffnung ein Stäbchen weichen Eisens genähert, so wird das Eisen ebenfalls magnetisch und die Spule zeigt das Bestreben, das Eisenstäbchen in ihr Inneres hineinzuziehen, wobei die Anziehung an der Röhrenwandung kräftiger als in der Röhrenmitte ist.

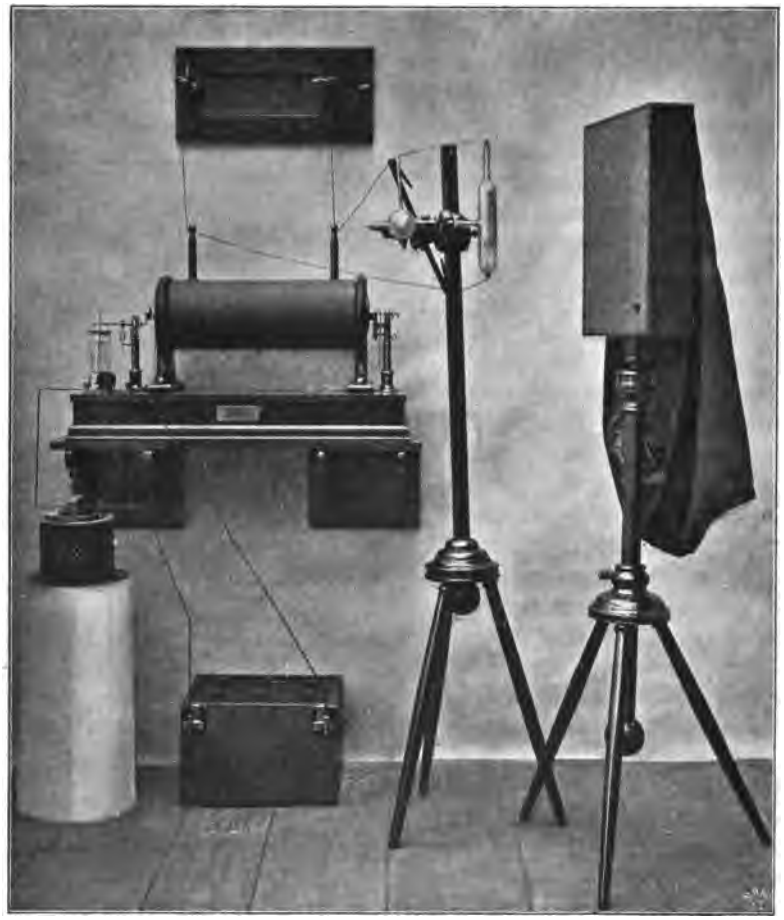


Fig. 24. Induktor mit Apparaten für Durchleuchtung. (Unterbrecher, Kondensator, Akkumulator, Funkenmesser, Röntgenröhre, Fluorescenzschirm mit Dunkelkappe).

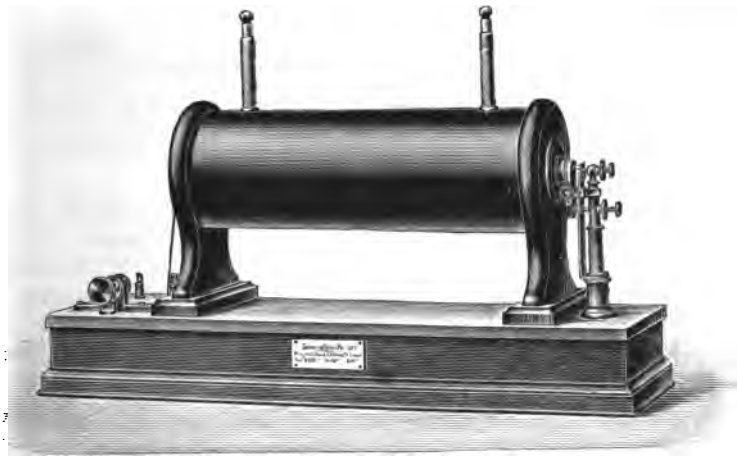


Fig. 23. Induktionsapparat.

8. Elektrische Maaße und Einheiten.

Die Elektrizität im Zustand der Ruhe (Elektrostatik) ist durch zwei Größen bestimmt: Elektrizitätsmenge und Potential (Spannung), welche man vergleichen kann mit Masse und verfügbarer Fallhöhe oder mit Wärmemenge und Temperatur.

Die Bewegung der Elektrizität (Elektrodynamik) auf oder in einem Leiter nennt man einen elektrischen Strom. Die Vorgänge während dieser Bewegung und die Wirkungen derselben sind charakterisirt durch drei Größen. Zwei beziehen sich auf die strömende Elektrizität: elektromotorische Kraft bezw. Potentialdifferenz und Stromstärke, die dritte ist eine Eigenschaft des durchströmten Leiters, der Widerstand.

Das absolute Maaßsystem.

Da durch Elektrizität und Magnetismus anziehende und abstoßende mechanische Kräfte ausgeübt werden, da ferner ein elektrischer Strom, welcher ein Flächenstück umfließt, in seiner Wirkung vergleichbar ist mit einem Magneten, der auf der Fläche senkrecht steht, da endlich durch mechanische Bewegung eines Leiters in einem Feld elektromotorische Kräfte entstehen, so lassen sich schließlich die elektrischen und magnetischen Größen vergleichen und messen mit Hülfe derselben Einheiten, die beim Messen mechanischer Größen gebräuchlich sind. In der Mechanik lassen sich sämmtliche Größen zurückführen auf die drei Fundamentalgrößen Länge, Masse und Zeit. Nimmt man als deren Einheiten Centimeter, Gramm und Sekunde, so hat man das in der Wissenschaft allgemein übliche absolute Maaßsystem oder kurz das cgs System. Nach dem Vorigen kann man nun auch die elektrischen Größen durch das cgs System ausdrücken und erhält alsdann das absolute elektrische (elektrostatische oder elektromagnetische) Maaßsystem mit den absoluten elektrischen Einheiten.

Das praktische Maaßsystem.

Da diese absoluten Einheiten jedoch theilweise sehr stark von den praktisch vorkommenden elektrischen Größen abweichen, so multiplizirt man sie mit einer passenden Potenz von 10 und erhält alsdann die praktischen Einheiten (ebenso wie man im gewöhnlichen Leben nicht nach Gramm, sondern nach Kilogramm = 10^3 Gramm rechnet), deren Bezeichnungen den Namen wissenschaftlich verdienter Männer entlehnt sind.

Elektromagnetisches Maaßsystem für die elektrischen Größen.

Ampère.

Stromstärke. Die absolute Einheit der Stromstärke erhält man aus dem Drehmoment, welches der Strom in einem kreisförmigen Leiter auf eine kurze Magnetnadel vom Moment 1 cgs, die sich im Mittelpunkt des Kreises befindet, ausübt. Dividirt man die absolute Stromeinheit durch 10, so erhält man die praktische Stromeinheit, welche Ampère genannt wird.

Coulomb.

Elektrizitätsmenge. Wenn in einem Leiter die Stromstärke 1 cgs herrscht, so fließt in 1 Sekunde an einer bestimmten Stelle des Querschnittes die absolute Einheit der Elektrizitätsmenge hindurch. Durch Division mit 10 erhält man die praktische Einheit, welche Coulomb heißt.

Volt.

Elektromotorische Kraft. Die absolute Einheit der elektromotorischen Kraft entsteht, wenn sich ein geradliniger Leiter von 1 cm Länge in einem magnetischen Feld von der Stärke 1 cgs senkrecht zu den Kraftlinien und zu seiner eigenen Längsrichtung mit der gleichförmigen Geschwindigkeit $\frac{1\text{ cm}}{1\text{ sec.}}$ bewegt, wobei der Leiter zum Felde senkrecht stehen muß. Multiplizirt man diese sehr kleine Einheit mit 10^8, so erhält man die praktische Einheit der elektromotorischen Kraft, welche Volt heißt. (Die Potentialdifferenz — Spannungsdifferenz — wird mit derselben Einheit gemessen.) Früher benutzte man als Einheit der elektromotorischen Kraft die eines Daniell-Elements, die etwa gleich 1,12 Volt ist.

Ohm.

Widerstand. Wenn die absolute Einheit der elektromotorischen Kraft in einem Leiter die absolute Einheit der Stromstärke erzeugt, so hat der Leiter den absoluten Widerstand 1 cgs. Multiplizirt man diesen Widerstand mit 10^9, so erhält man die praktische Widerstandseinheit, Ohm, genannt.

Die elektromotorische Kraft 1 Volt erzeugt im Widerstand von 1 Ohm die Stromstärke 1 Ampère.

Die frühere Siemenssche Quecksilber-Widerstandseinheit (S. E.) wurde definirt durch den Widerstand, welche eine Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt bei 0° C. hat. 1 Ohm ist gleich 1,06 S. E.

Sekunden-Voltampère oder Joule.

Arbeit. Effekt. Der Strom 1 leistet im Potentialgefälle 1 während der Zeit 1 die Arbeit 1. Es drückt sich demnach die elektrische Arbeit aus durch das Produkt Stromstärke × elektromotorische Kraft × Zeit. Die praktische Einheit ist das Sekunden-Voltampère oder Joule, ent-

standen durch Multiplikation der absoluten Einheit mit 10^7. 1 Sekunden-Voltampère = 0,102 kgm.

Der elektrische Effekt (Arbeit, Leistung in 1 Sekunde) ist das Produkt aus Stromstärke × elektromotorische Kraft. Die praktische Einheit ist das Voltampère oder Watt = 10^7 cgs. Voltampère oder Watt.

Da eine Pferdestärke 75 kgm in 1 Sekunde leistet, so ist 1 Pferd = 736 Voltampère.

Zwischen Stromstärke (J), elektromotorischer Kraft (E) und Leitungswiderstand (W) besteht eine höchst einfache Beziehung: „Die Stromstärke ist der elektromotorischen Kraft direkt und dem Leitungswiderstand indirekt proportional. (Ohmsches Gesetz.) In einer Formel ausgedrückt: Das Ohmsche Gesetz.

$$J = \frac{E}{W} \text{ oder Ampère} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ohm}}.$$

Sind zwei dieser Größen bekannt, so läßt sich die dritte aus dieser Formel leicht berechnen.

Für verzweigte Stromleiter und für mehrere elektromotorische Kräfte tritt an die Stelle des Ohmschen E = J W ein erweitertes Gesetz: Die Kirchhoffschen Gesetze.

$$\Sigma E = \Sigma J W$$ 1. Satz von Kirchhoff.

d. h. in jeder verzweigten Strombahn ist für jeden in sich selbst zurückführbaren Weg die Summe der elektromotorischen Kräfte gleich der Summe der Produkte aus Stromstärke und Widerstand für jeden Leitungszweig. (Elektromotorische Kräfte und Stromstärken sind hierbei mit dem ihrer Richtung entsprechenden Vorzeichen einzusetzen.)

$$\Sigma J = 0$$ 2. Satz von Kirchhoff.

d. h. in jedem Verzweigungspunkte ist die Summe der wegfließenden Ströme gleich der Summe der zufließenden Ströme.

Folgerungen: a. In einem einfachen Stromkreise ist die Stromstärke überall dieselbe.

b. Wenn ein Stromleiter sich verzweigt und keiner der Zweige eine besondere elektromotorische Kraft enthält, so vertheilen sich die Stromstärken auf die einzelnen Zweige umgekehrt proportional den Leitungswiderständen der Zweige. Die Summe der Theilströme bleibt dabei gleich dem ungetheilten Strom. Fig. 25.

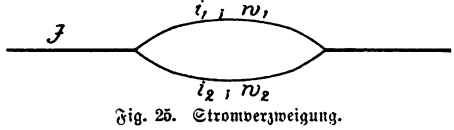


Fig. 25. Stromverzweigung.

c. Das Produkt J W ist gleich der Potentialdifferenz, Spannungsdifferenz oder Spannung des elektrischen Stromes zwischen den Enden des von J durchflossenen Leiters vom Widerstande W. In vielen Fällen kann man mit dieser Spannung ebenso rechnen, wie mit einer elektromotorischen Kraft.

Spezifischer Leitungswiderstand.

Je nach der Natur des Körpers ist der Leitungswiderstand desselben ein sehr verschiedener. Der Widerstand eines Körpers von der Länge 1 cm und dem Querschnitt 1 qcm wird dessen spezifischer Leitungswiderstand genannt. Für gewöhnlich versteht man jedoch unter spezifischem Widerstand s eines Materials den Widerstand eines Drahtes von der Länge 1 m und dem Querschnitt 1 qmm.

Danach ist angenähert für

Silber, Kupfer s = 0,018, Gold s = 0,02,
Messing, Eisen, Platin, Zink, Zinn s = 0,1,
Neusilber und ähnliche Legirungen s = 0,25 — 0,4,
Kohle veränderlich s = 100 bis s = 1000.

Berechnung des Leitungswiderstandes.

Je größer der Querschnitt und je geringer die Länge eines Leiters ist, desto kleiner ist sein Widerstand und umgekehrt. Sind Länge (L in m) und Querschnitt (Q in qmm) eines Leiters bekannt, so läßt sich sein Leitungswiderstand (W) berechnen nach der Formel:

$$W = s \frac{L}{Q},$$

wobei s der gewöhnliche spezifische Leitungswiderstand ist. Man erhält W ausgedrückt in Ohm.

Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur.

Bei erhöhten Temperaturen erhöht sich auch der Widerstand metallischer Leiter. Bei nichtmetallischen Körpern, z. B. Kohle, vermindert er sich.

Gute Leiter werden im Allgemeinen durch die Temperatur weniger beeinflußt als isolirende Substanzen.

Es giebt Metalllegirungen, die ihren Widerstand auch bei großen Temperaturveränderungen nahezu konstant behalten (Nickelin, Manganin, Rheotan, Kruppin).

Widerstand von galvanischen Elementen.

Leitende Flüssigkeiten haben je nach dem Prozentgehalt der Lösungen gleichfalls ihren spezifischen Leitungswiderstand.

Der durch die Elektroden und die Flüssigkeitsschicht eines Elementes gebildete Widerstand heißt der innere Widerstand des Elementes.

Widerstand verschieden geschalteter Leiter.

Wird eine Anzahl von Leitern hintereinander geschaltet (Fig. 26), so ist der Widerstand des gesammten Leitungsweges gleich der Summe der Widerstände der einzelnen Theile:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + \ldots\ldots$$

Der Widerstand einer Anzahl parallel geschalteter Leiter (Fig. 27) läßt sich aus den Widerständen der einzelnen Leiter berechnen nach der Formel:

$$W = \frac{1}{\frac{1}{W_1} + \frac{1}{W_2} + \frac{1}{W_3} + \ldots\ldots}$$

Leitungsfähigkeit.

$\frac{1}{W}$ nennt man die Leitungsfähigkeit eines Körpers, sie ist der Gegensatz des Leitungswiderstandes. Aus der letzten Formel folgt: Die Leitungs-

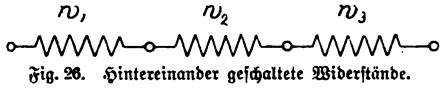


Fig. 26. Hintereinander geschaltete Widerstände.

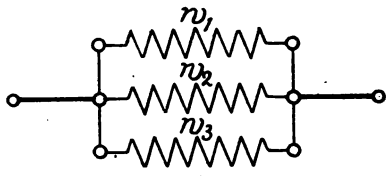


Fig. 27. Parallel geschaltete Widerstände.

fähigkeit parallel geschalteter Leiter ist gleich der Summe der Leitungsfähigkeiten der einzelnen Theile.

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{W_1} + \frac{1}{W_2} + \frac{1}{W_3} + \ldots\ldots$$

Die einem Leiter vom Widerstande W durch den Strom J in der Zeit t zugeführte Wärmemenge (nach Früherem proportional J^2 W t) ruft eine Temperaturerhöhung hervor. Um dieselbe möglichst gering zu halten, kann man den Querschnitt des Leiters groß wählen, oder die Abkühlungsoberfläche groß machen (z. B. rechteckige, bandförmige Leiter statt runder Drähte).

Für runde Kupferdrähte, die sich beim Stromdurchgang nicht merklich erwärmen sollen, gilt folgende Tabelle:

Durchmesser mm		Querschnitt mm²	Stromstärke Ampère
0,98		0,75	3
1,13		1,0	4
1,38		1,5	6
1,78		2,5	10
2,26		4	15
2,76		6	20
3,56		10	30
4,50		16	40
5,65	Seile oder Flachkupfer.	25	60
6,65		35	80
8,0		50	100
9,5		70	130
11,0		95	160
13,8		150	230
19,5		300	400
25,0		500	600

9. Elektrische Meßmethoden und Meßinstrumente.

Die gebräuchlichsten elektrischen Messungen umfassen die Messungen der Stromstärke, der Spannung des Widerstandes und der Arbeit.

Die dazu erforderlichen Meßinstrumente werden in sehr verschiedener Art ausgeführt. Ihre Wirkungsweise beruht entweder auf einer der vielen

Wirkungen des elektrischen Stromes, oder auch auf der Anziehung bezw. Abstoßung von in Ruhe befindlichen Elektrizitätsmengen. Meist werden durch diese Wirkungen Ablenkungen beweglicher Theile des Instrumentes hervorgebracht, die dann oft sehr sorgfältig mit Spiegel, Fernrohr und Skala abgelesen werden, oder es werden mit den beweglichen Theilen Zeiger in Verbindung gebracht, die an einer Skala die Größe der Ablenkung sichtbar machen. Die Empfindlichkeit und der zu erreichende Grad der Genauigkeit solcher Instrumente sind oft außerordentlich hoch.

Dämpfung.

Instrumente, deren bewegliches System bei der Einstellung lange um die Gleichgewichtslage hin- und herschwingt, und so eine schnelle und genaue Ablesung erschwert, pflegt man künstlich mit einer Dämpfung (Flüssigkeits-, Luft- oder magnetische Dämpfung) zu versehen.

Um Fehler durch Aufstellung, Justirung ꝛc. möglichst fortzuschaffen, wird die Stromrichtung umgekehrt und aus beiden Ablesungen das Mittel genommen. (Vergl. Stromwender Fig. 107 u. 108.)

Absolute und relative Messungen.

Messungen, bei denen die zu messende Größe direkt auf die Grundeinheiten cgs zurückgeführt wird, nennt man absolute, alle anderen Messungen, bei welchen Instrumente benutzt werden, deren Angaben durch Vergleich mit anderen Instrumenten gefunden wurden, nennt man relative, auch wenn die Resultate in absoluten resp. praktischen Einheiten ausgedrückt werden.

Galvanometer.

Das Galvanometer mißt die Stärke von Strömen an der Einwirkung derselben auf Magnete oder Stücke weichen Eisens.

Galvanoskop.

Fig. 28. Galvanoskop.

Dient ein solches Instrument nur dazu, das Vorhandensein eines Stromes nachzuweisen, nicht aber seine Größe genau zu bestimmen, so nennt man es Galvanoskop. Fig. 28.

Absolute Galvanometer. Tangentenbussole.

Das gewöhnlich gebrauchte absolute Galvanometer ist die Tangentenbussole, ein kreisförmig gebogener Stromleiter, in dessen Mittelpunkt ein kleiner Magnet horizontal drehbar auf einer Spitze aufgestellt ist. (Fig. 40.) Die Wirkung des Stromes auf den Magneten läßt sich in absolutem Maaß berechnen aus der Stromstärke, dem Radius des Stromreifens und der Horizontalintensität des Erdmagnetismus. Die Stromstärke ist proportional der Tangensfunktion des Ablenkungswinkels (daher Tangentenbussole). Vom Magnetismus der Nadel ist der Ausschlag unabhängig.

Galvanometer für relative Messungen.

Die Galvanometer für vergleichende Strommessung zerfallen in solche, bei denen das Gesetz, nach welchem sich der Ausschlag mit der Stromstärke ändert, mathematisch abgeleitet werden kann (wo also nur ein Ausschlag bestimmt zu werden braucht, um die ganze Skala herzustellen), und in solche, bei denen kein genaues Gesetz der Abhängigkeit zwischen Stromstärke und Ausschlag besteht. Zu der ersten gehören die Sinusbussole, das Torsions-

galvanometer, das Spiegelgalvanometer und das Präzisionsgalvanometer, zu den letzteren das Differentialgalvanometer.

Sinusbussole.

Ein beliebiger Multiplikator wirkt bei der Sinusbussole auf eine beliebige Magnetnadel. Beide sind um eine vertikale Achse drehbar und werden während der Messungen immer in dieselbe gegenseitige Stellung gebracht. Die Stromstärke ist proportional der Sinusfunktion des Ausschlagswinkels. Das Resultat der Messung ist vom Magnetismus der Nadel unabhängig. Als Sinusbussole läßt sich beispielsweise auch das weiter unten beschriebene Differentialgalvanometer einrichten.

Torsionsgalvanometer.

Beim Torsionsgalvanometer werden Magnet und Multiplikator gleichfalls immer in dieselbe gegenseitige Stellung gebracht, aber der Multiplikatorrahmen liegt fest und der drehbar aufgehängte Magnet wird durch eine Torsionsfeder immer in die Nulllage zurückgeführt. Fig. 41. Die Stromstärke ist dem Ausschlagwinkel direkt proportional. Die Messung ist von der Stärke des Magneten abhängig.

Spiegelgalvanometer.

Die Spiegelgalvanometer dienen zur genauen Messung kleiner Ausschläge. Bei kleinen Ausschlägen ist die Stromstärke der Tangensfunktion des Ablenkungswinkels proportional. Fig. 42.

Präzisionsgalvanometer.

Das Präzisionsgalvanometer besitzt einen zwischen Spitzen gelagerten Kupferrahmen, welcher in einem starken magnetischen Felde schwingt. Als Richtkraft dienen zwei Federn aus antimagnetischem Metall, welche gleichzeitig als Stromzuführungen zu den auf den Kupferrahmen befindlichen Drahtwindungen dienen. Die Stromstärke ist dem Ausschlage proportional. Das Instrument ist gegen äußere magnetische Einflüsse unempfindlich. Der in sich geschlossene Kupferrahmen übt eine gute magnetische Dämpfungswirkung aus. Fig. 43 bis 46.

Differentialgalvanometer.

Das Differentialgalvanometer gehört zu den Galvanometern mit empirischer Skala, zu denen auch fast alle technischen Strom- und Spannungszeiger gehören. Fig. 47. Die Instrumente sind meist billig, einfach in der Handhabung und bequem beim Messen. Sie geben jedoch weniger genaue Resultate und sind nur dort verwendbar, wo ein oder mehrere Prozent Fehler zulässig sind.

Als Differentialgalvanometer kann jedes Galvanometer benutzt werden, wenn man demselben zwei gleiche Wickelungen giebt. Zu vergleichende Ströme werden in entgegengesetzter Richtung durch die beiden Wickelungen geschickt. Der Ausschlag giebt die Differenz der beiden Ströme in absolutem Maße, wenn man das Instrument vorher als einfaches Galvanometer mit einer Wickelung geaicht hat.

Beim Aufstellen des Differentialgalvanometers ist darauf zu achten, daß die Stellschrauben horizontal stehen; die Gehäuse sind so zu drehen, daß die Nadel auf Null zeigt.

Prüfung des Differential-galvanometers.

Verbindet man die beiden Wickelungen hinter- und gegeneinander, so darf die Magnetnadel auch bei den stärksten für das Instrument zur Verwendung kommenden Strömen keinen Ausschlag zeigen.

Ein Maaß für die Ungleichheit der Wickelungen bei auftretendem Ausschlag findet man durch folgende zwei Messungen:

1. Man schaltet die Windungen hintereinander, aber entgegengesetzt wirkend in einen Stromkreis mit konstanter Stromquelle (einige Elemente) und passendem Widerstande. Fig. 29. Der Widerstand des ganzen Stromkreises sei bekannt und gleich W. Die Nadel giebt einen bestimmten Ausschlag.

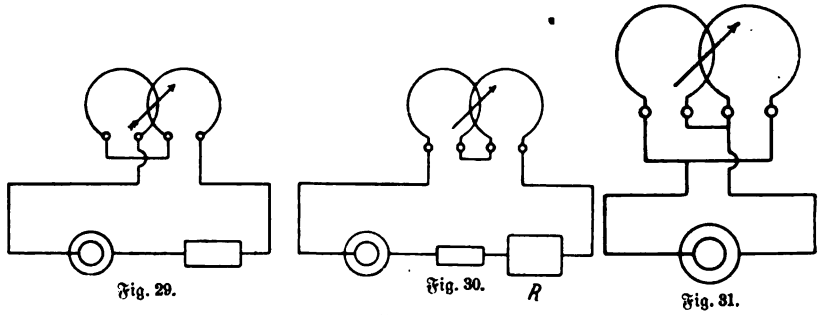


Fig. 29. Fig. 30. Fig. 31.

Prüfung des Differentialgalvanometers.

2. Man schaltet die beiden Wickelungen hintereinander, aber in gleichem Sinne wirkend in denselben Stromkreis und fügt so viel Widerstand R hinzu, bis die Nadel den gleichen Ausschlag zeigt wie vorher. Fig. 30. Dann verhalten sich die Wirkungen der beiden Wickelungen wie $1 : 1 + \frac{2\,W}{R}$. Ist $\frac{2\,W}{R}$ gegen 1 sehr klein, so zeigt das Galvanometer genügend genau. Anderenfalls muß man beim Messen sich eines Kommutators bedienen und den Mittelwerth der Ablesungen benutzen.

Um zu sehen, ob die beiden Wickelungen auch gleichen Widerstand haben, schaltet man sie parallel, aber gegeneinander wirkend in einen Stromkreis. Die Nadel darf bei gleichen Widerständen keinen Ausschlag geben. Kleine Unterschiede gleicht man durch hinzugefügten Widerstand aus. Fig. 31.

Technische Strom- und Spannungsmesser.

Bei den technischen Strom- und Spannungsmessern, die oft in den Bereich starker Elektromagnete von Maschinen kommen, vermeidet man meist die Verwendung von Stahlmagneten und benutzt dafür vielfach ein Weicheisenstück, welches von einer stromdurchflossenen Spule angezogen wird. Das bewegliche Eisenstück nimmt unter dem Einflusse des Stromes eine Lage an, bei welcher eine Feder oder die Schwerkraft den magnetischen Kräften das Gleichgewicht hält. Fig. 58 bis 60.

Technische Instrumente von Schuckert.

Die Strom- und Spannungszeiger von Schuckert beruhen darauf, daß ein Eisenkörper in einer Spule kräftig an die Wandung gezogen wird. Parallel zur Spulenachse, aber nicht mit ihr zusammenfallend, ist eine

Achse angebracht, welche ein dünnes, cylindrisch gebogenes Stück Blech aus weichem Eisen und einen leichten Zeiger trägt. Bei einer Drehung der Achse nähert sich das Blech der Spulenwand. Fig. 32.

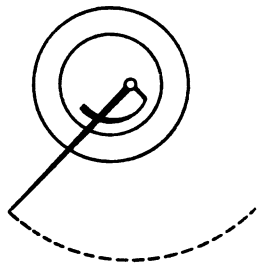


Fig. 32.

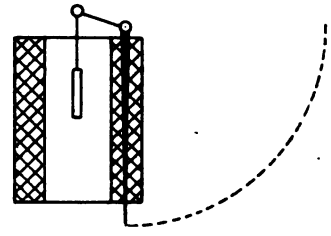


Fig. 33.

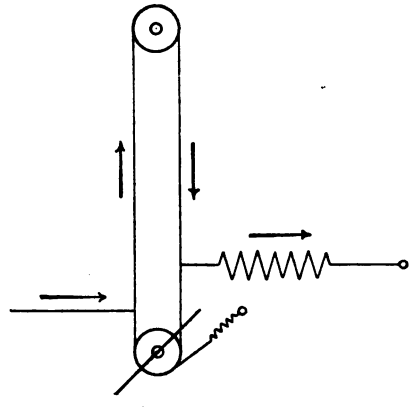


Fig. 34.
Systeme technischer Meßinstrumente.

Technische Instrumente von Siemens & Halske.

Bei den Instrumenten von Siemens & Halske wird die Bewegung eines senkrecht in der Spule hängenden Eisenstäbchens durch einen Hebel auf einen Zeiger übertragen. In neuerer Zeit benutzt man besonders gern die Präzisions-Volt- und Ampèremeter, die auf dem Prinzip der Präzisionsgalvanometer beruhen. Fig. 33.

Hitzdrahtvoltmeter.

Wegen des dabei verwandten Prinzips sei auch das Cardewsche Hitzdrahtvoltmeter erwähnt, in welchem ein Platinsilberdraht von 0,067 mm Durchmesser durch den Strom erwärmt und die Verlängerung des Drahtes als Maß für die Stromstärke benutzt wird. Fig. 34.

Dynamometer.

Das Dynamometer mißt die Stärke eines Stromes durch die Anziehung oder Abstoßung stromdurchflossener Leiter. Man kann mit dem Dynamometer absolute Messungen machen, die aber umständlich sind. Gewöhnlich macht man damit relative Messungen, indem es mit anderen bekannten Instrumenten geaicht wird.

Bei den gebräuchlichen Dynamometern werden zwei mit den Achsen senkrecht zu einanderstehende Spulen von dem zu messenden Strom durchflossen. Die eine Spule ist fest, die andere drehbar; die letztere sucht sich bei Stromdurchgang so zu stellen, daß die Ströme in beiden Spulen gleichgerichtet verlaufen. (Vergl. auch Fig. 21.)

Torsionsdynamometer.

Bei dem Torsionsdynamometer wird die bewegliche Spule durch die Torsionskraft einer Feder immer wieder in die Nulllage zurückgedreht. Fig. 48 und 49. Die Kraft der Anziehung ist bei gleichbleibender gegenseitiger Lage dem Quadrate der Stromstärke proportional. Die Stromstärke ist der Quadratwurzel aus dem Ablenkungswinkel proportional, d. h.

$$i = C\sqrt{\varphi}.$$

Spiegeldynamometer.

Für genaue Messungen hängt man die bewegliche Spule an einem oder an zwei Fäden auf und liest die Ablenkungen, die nur sehr klein sein dürfen, mit Spiegel und Skala ab. Für die kleinen Ablenkungen gilt dasselbe Gesetz wie beim Torsionsdynamometer. Fig. 50 bis 52.

Voltameter.

Das Voltameter wird nicht zu eigentlichen Strommessungen benutzt, sondern es dient meist zu Aichungen anderer Meßinstrumente. Seine Anwendung beruht auf der chemischen Einwirkung auf zersetzbare Leiter. Aus der Menge des in der Zeiteinheit entwickelten Gases (Gasvoltameter) oder des niedergeschlagenen Metalles (Kupfer- oder Silbervoltameter) erkennt man die durch die Flüssigkeit hindurchgegangene Stromstärke. (1 Ampère schlägt in 1 Sekunde 1,118 mg Silber und 0,328 mg Kupfer nieder.) Fig. 56.

Elektrometer.

Das Elektrometer mißt die Kräfte, welche isolirte ruhende Elektrizitätsmengen aufeinander ausüben. Es besteht der Hauptsache nach aus feststehenden leitenden Plattenpaaren, denen eine bewegliche achtförmige Metallscheibe gegenübersteht. Ertheilt man den Platten und der Scheibe elektrische Ladungen, so treten drehende Kräfte auf, welche die Scheibe aus ihrer Gleichgewichtslage bewegen. Die Ablenkung giebt ein Maaß für die Größe der auf einander wirkenden Elektrizitätsmengen und ihrer Potentiale. Man kann aber auch Potentialdifferenzen (elektromotorische Kräfte, Spannungen) damit messen. Fig. 57.

Arbeitsmesser. Elektrizitätszähler. Registrirapparate.

Wenn man die eine von den beiden Spulen eines Dynamometers für den Durchgang des Gebrauchsstromes einrichtet, die andere aber für den geringen Strom der Spannungsabzweigleitung, so wird bei Stromdurchgang durch die beiden Spulen die Ablenkung proportional der elektrischen Arbeit in dem Theile des Stromkreises, an dessen Endpunkten die beiden Enden der Spannungsspule angeschlossen werden. Verbindet man solche Instrumente mit einem Uhrwerk und Zählmechanismus, der in bestimmten Zwischenräumen die Ausschläge aufzeichnet und addirt, so kann man aus den Angaben des Instrumentes erkennen, wie viel elektrische Energie in einer bestimmten Zeit in einem Stromkreise verbraucht worden ist (Elektrizitätszähler). Fig. 53 bis 55.

In gleicher Weise kann man natürlich auch die Angaben irgend eines Stromzeigers oder Spannungszeigers aufzeichnen lassen, um sie jederzeit kontrolliren zu können (Registrirapparate).

Die Ausführung derartiger Apparate ist sehr verschieden und oft höchst sinnreich. Fig. 61 bis 63.

Gebräuchlichste Meßmethoden. Strommessung.

Das einfachste Verfahren, Stromstärken zu messen, besteht darin, daß man ein Galvanometer, ein Dynamometer oder einen Stromzeiger in den Hauptstromkreis einschaltet.

Die Wickelung des Instrumentes und sein Meßbereich muß dabei aber für die zu messende Stromstärke passen. Sollen starke Ströme gemessen werden, die das Meßinstrument nicht mehr direkt führen und ihrer Stärke nach messen kann, so stellt man sich Abzweigungen dar, durch die nur ein Theil des Gesammtstromes geleitet und gemessen wird. Fig. 35. Aus dem Verhältniß der Widerstände der Abzweigleitung und des Theiles der Hauptleitung, von welchem abgezweigt wurde, läßt sich nach dem Gesetz der Stromverzweigungen leicht die Gesammtstromstärke berechnen. Nennt man nämlich den Gesammtstrom $= J$ und die beiden Zweigströme i_1 und i_2, und die entsprechenden Widerstände der Zweigleitungen W_1 und W_2, so ist

$$\text{I)} \qquad J = i_1 + i_2$$

$$\text{II)} \qquad \frac{i_1}{i_2} = \frac{W_2}{W_1} \text{ oder } i_2 = \frac{W_1}{W_2} \cdot i_1,$$

setzt man den Werth von i_2 in Gleichung I) ein, so wird

$$J = i_1 + i_1 \cdot \frac{W_1}{W_2}$$

$$= i_1 \left(1 + \frac{W_1}{W_2}\right)$$

$$= i_1 \left(\frac{W_1 + W_2}{W_2}\right)$$

Durch passende Wahl der Widerstände von Instrumentkreis (z. B. 1 Ohm) und Abzweigleitung $\left(\frac{1}{9}, \frac{1}{99}, \frac{1}{999} \text{ Ohm}\right)$ kann man es einrichten, daß die Angaben des Instrumentes mit 10 oder 100 oder 1000 zu multipliziren sind, um die gesuchte Gesammtstromstärke zu erhalten.

Ist z. B. $W_1 = 1$ Ohm und $W_2 = \frac{1}{9}$ Ohm, so ist $1 + \frac{W_1}{W_2} = 10$ und $J = 10\, i_1$ Amp.

Spannungsmessung.

Die gebräuchlichste Methode der Spannungsmessungen besteht in der Bestimmung der Spannung aus Strom und Widerstand (nach dem Ohmschen Gesetz).

Legt man an die Enden desjenigen Leitungstheiles, dessen Spannung man messen will, die Pole eines Strommessers mit verhältnißmäßig hohem Widerstand und für geringe Stromstärke, so braucht man nur den abgelesenen Strom mit dem Widerstande der Zweigleitung zu multipliziren, um die

gesuchte Spannung zu erhalten. Fig. 36. Bei den technischen Spannungszeigern ist diese Multiplikation bei Herstellung der Skala bereits ausgeführt, so daß der Zeiger des Instrumentes direkt die Spannung in Volt anzeigt.

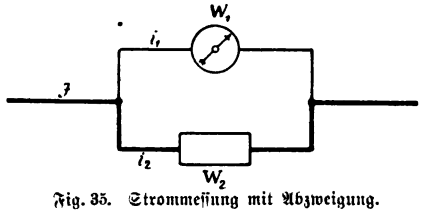


Fig. 35. Strommessung mit Abzweigung.

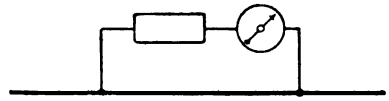


Fig. 36. Spannungsmessung mit Vorschaltwiderstand.

Widerstandsmessung aus den Dimensionen des Leiters.

Wenn es nicht auf sehr genaue Werthe ankommt, kann man den Widerstand eines Leiters (namentlich Drahtes) aus seinen Dimensionen berechnen. (Vergl. S. 18.)

Messung mit Vergleichswiderständen (Rheostaten).

Nach den Ohmschen und den Kirchhoffschen Gesetzen lassen sich Widerstände aus Stromstärken mit Hülfe bekannter Vergleichswiderstände berechnen.

Die Herstellung solcher Widerstände muß mit großer Sorgfalt vor sich gehen. Als Material verwendet man Drähte, die ihren Widerstand bei Temperaturänderungen möglichst unverändert beibehalten. (Nickelin, Rheostan, Manganin.) Sie werden gut isolirt, auf Rollen aufgespult, genau gemessen, zum Schutz gegen Feuchtigkeit in Paraffin getaucht und in gemeinsamem Kasten untergebracht.

Man unterscheidet der Hauptsache nach Stöpselrheostaten und Kurbelrheostaten.

Stöpselrheostat.

Die Enden der Spulen endigen bei den für schwache Ströme bestimmten Stöpselrheostaten in Metallklötzen, welche auf dem Deckel des Kastens sitzen. Beide Klötze können durch einen konisch gedrehten Metallstöpsel leitend verbunden werden, so daß der Widerstand kurz geschlossen ist. Bei gezogenem Stöpsel ist der zwischen den Metallklötzen liegende Widerstand 1, 2, 2, 5, 10, 20, 20, 50 ꝛc. Ohm eingeschaltet. Stöpsel und Stöpsellöcher sind stets sauber zu halten, damit keine Ungenauigkeiten durch schlechten Kontakt entstehen können. Beim Messen sind die Stöpsel mit Druck und etwas Drehung einzusetzen. Fig. 77.

Kurbelrheostat.

Bei den Kurbelrheostaten sind gleichfalls die einzelnen Widerstandsspulen in bestimmten Abstufungen zwischen einer Reihe von Kontakten angeordnet, über welche mittelst einer Kurbel eine Kontaktbürste hinwegschleifen kann, je weiter die Kurbel gedreht wird, desto größer wird der eingeschaltete Widerstand. Fig. 78.

Man benutzt auch Rheostaten mit kontinuirlicher Widerstandsänderung, bei denen ein Schleifkontakt sich direkt auf dem Widerstandsdraht fortbewegen läßt.

Rheostat für starke Ströme.

Für starke Ströme muß für genügenden Querschnitt und genügende Abkühlungsoberfläche gesorgt werden, um starke Erwärmung zu verhüten. Man

schaltet entweder mehrere dünne Drähte parallel oder wählt Drahtgewebe oder Blechband. Fig. 79.

Als besondere Ausführungen sind noch Graphitrheostaten und Flüssigkeitswiderstände zu nennen.

Messung sehr hoher Widerstände (Isolationswiderstände).

Widerstände von Millionen von Ohm, wie solche bei Isolationsmessungen von Kabeln vorkommen, werden durch die Methode des direkten Ausschlages ermittelt. Man mißt mittelst eines empfindlichen Galvanometers den Ausschlag, den eine Batterie von 10—100 Elementen unter Einschaltung eines bekannten größeren Widerstands (z. B. 100 000 Ohm) hervorbringt, und vergleicht damit den Ausschlag, der durch Einschalten des zu messenden Isolationswiderstandes hervorgerufen wird. Der Widerstand des Instrumentes kann vernachlässigt werden; die Elemente müssen konstante elektromotorische Kraft haben. (Apparate für Isolationsmessungen in der Praxis sind auf S. 39 in Fig. 74 bis 76 abgebildet.)

Messung von Leitungswiderständen durch Vertauschen.

Beim Messen von Leitungswiderständen genügt ein weniger empfindliches Galvanometer und eine kleinere Anzahl von Elementen. Man beobachtet zuerst den Ausschlag, der beim Einschalten der zu messenden Leitung entsteht, alsdann stellt man durch bekannte Widerstände den gleichen Ausschlag her und erhält damit zugleich den Widerstand der Leitung selbst.

Messungen mit dem Differentialgalvanometer.

Beide Arten der Messungen auf Isolations- und auf Leitungswiderstand, lassen sich in den Fällen, wo es auf keine allzu große Genauigkeit ankommt, mit dem Differentialgalvanometer ausführen.

Bei der Isolationsmessung werden beide Wickelungen (von gleicher Wirkung und gleichem Widerstande) in gleichem Sinne wirkend hintereinander geschaltet und in einen unverzweigten Stromkreis von Ausschalter (Taster), Batterie und zu messendem Widerstand gebracht. Fig. 37. Bleibt beim Schließen des Stromkreises die Nadel des Galvanometers in Ruhe, so ist die Isolation gut. (Ganz geringe Ausschläge sind auch noch zulässig.) Bequemer ist der Isolationsprüfer (Fig. 74), der zugleich die angenäherte Größe des Widerstandes angiebt, und sämmtliche Theile (Galvanometer, Taste, Batterie) in gemeinsamem Kästchen enthält.

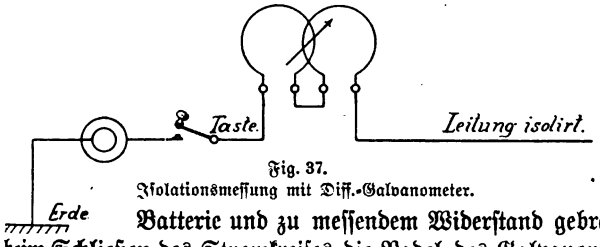


Fig. 37.
Isolationsmessung mit Diff.-Galvanometer.

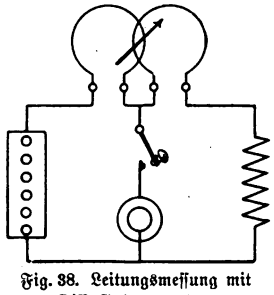


Fig. 38. Leitungsmessung mit Diff.-Galvanometer.

Bei der Leitungsmessung werden die beiden Wickelungen von dem einen Pole der Batterie parallel, aber entgegengesetzt wirkend, abgezweigt. Die freien Enden der Wickelungen führen zum anderen Ende der Batterie in der Weise zurück, daß in dem einen Kreis der zu messende Leitungswiderstand,

in dem anderen ein Rheostat liegt. Fig. 38. Der Rheostat wird so gestöpselt, daß die Nadel in der Nulllage bleibt, dann muß nach den Gesetzen der Stromverzweigung der gesuchte Leitungswiderstand gleich dem eingefügten Rheostatenwiderstand sein. (Vergl. Anleitung für die Messung an den Leitungen der Festungs-Telegraphen-Systeme.)

Die Wheatstonesche Brücke.

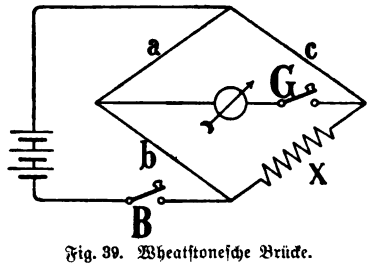


Fig. 39. Wheatstonesche Brücke.

Ordnet man vier Widerstände a, b, X, c hintereinander so an, daß sie gewissermaßen ein geschlossenes Viereck bilden, in dessen eine Diagonale eine Batterie von einigen Elementen, in die andere ein Galvanometer geschaltet wird (Fig. 39), so besteht bei eingeschalteter Batterie und stromlosem Galvanometerzweig unter den vier Widerständen die Beziehung: $\frac{a}{b} = \frac{c}{X}$.

Ist hierin der Widerstand c und das Verhältniß $\frac{a}{b}$ bekannt, so läßt sich der Widerstand $X = c\,\frac{b}{a}$ daraus berechnen.

Das Universalgalvanometer.

Eine praktische Ausführung der Wheatstoneschen Brücke ist beispielsweise die Montagemeßbrücke (Fig. 72 und 73) und das neue Universalgalvanometer von Siemens & Halske, das seinen Namen dadurch verdient, daß es ebensowohl zur Messung von Widerständen (Isolations- und Leitungswiderständen) als auch zu Strom- und Spannungsmessungen gebraucht werden kann. Fig. 64 bis 71. Es besteht aus einer Verbindung des Präzisions-Milli-Volt- und Ampèremeters (an Stelle eines gewöhnlichen Galvanometers) mit einer Wheatstoneschen Brückenanordnung nebst Vergleichswiderständen, welche zugleich als Vorschaltwiderstände für Spannungsmessungen gebraucht werden.

Für die Widerstandsmessung wird das Instrument als Brücke benutzt mit dem Galvanometer im Brückenzweig. Um große sowie kleine Widerstände ausreichend genau messen zu können, sind vier verschiedene Widerstände von 1, 9, 90 und 900 Ohm untergebracht, mit denen man die Vergleichswiderstände 1, 10, 100 und 1000 Ohm herstellen kann.

Bei Messung von Spannung wird das Galvanometer ohne Brücke gebraucht, bis zu 0,15 Volt direkt eingeschaltet, für höhere Spannungen mit den obigen Vergleichswiderständen als Vorschaltwiderstände.

Zur Messung von Stromstärken bis zu 0,15 Ampère wird das Galvanometer direkt in den Stromkreis geschaltet, für höhere Stromstärken kann der Meßbereich durch passende Nebenschließungen vergrößert werden.

An den neueren Instrumenten mit ungleicher Theilung liest man bei Widerstandsmessung einfach die Zahl ab, auf welche der Index bei stromlosem Galvanometerzweig zeigt, und multiplizirt dieselbe mit dem gezogenen Vergleichswiderstand, um sogleich den gesuchten Widerstand in Ohm zu erhalten. (Genaue Beschreibung und Gebrauchsanweisung siehe in der Elektrotechnischen Zeitschrift 1896, Heft 18, Seite 264. Die Abhandlung wird den Instrumenten beigegeben.)

Meßinstrumente und Zubehör.

I. Galvanometer.

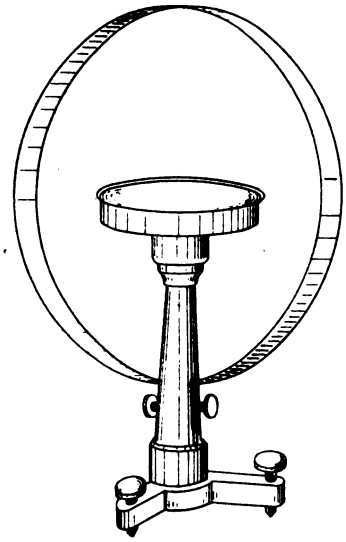


Fig. 40. Tangentenbussole.

Fig. 41. Torsionsgalvanometer.

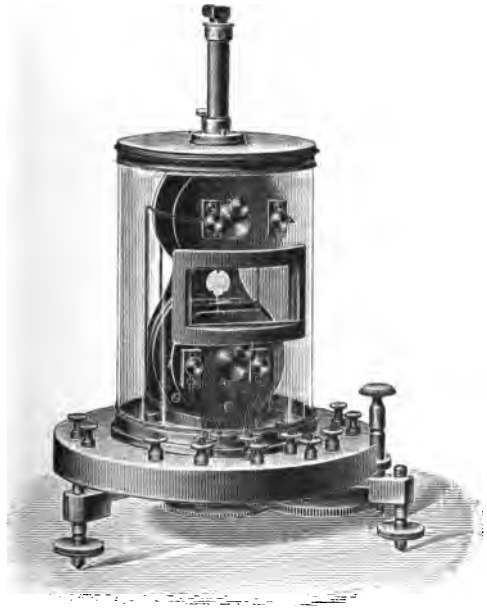


Fig. 42. Astatisches Spiegelgalvanometer mit Glockenmagneten.

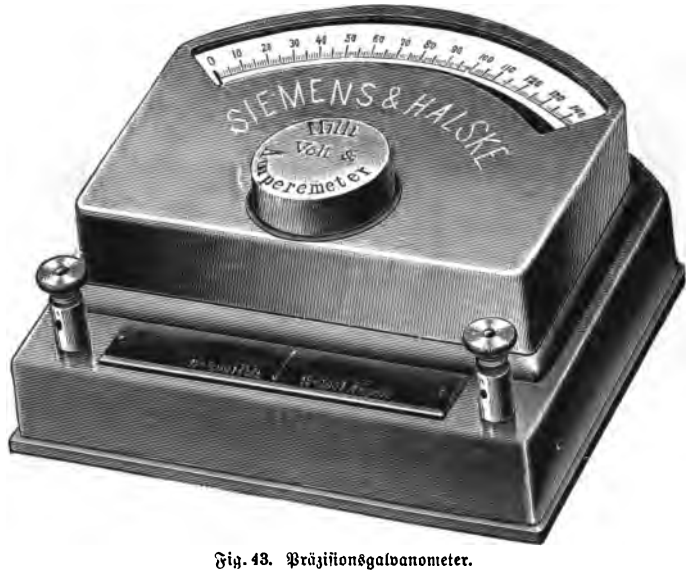


Fig. 43. Präzisionsgalvanometer.

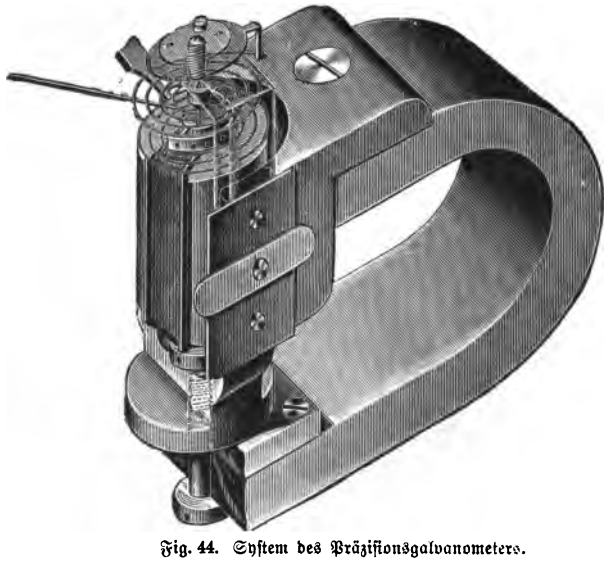


Fig. 44. System des Präzisionsgalvanometers.

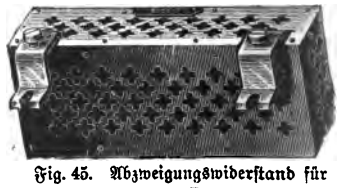


Fig. 45. Abzweigungswiderstand für Strommessung.

Fig. 46. Vorschaltwiderstand für Spannungsmessung.

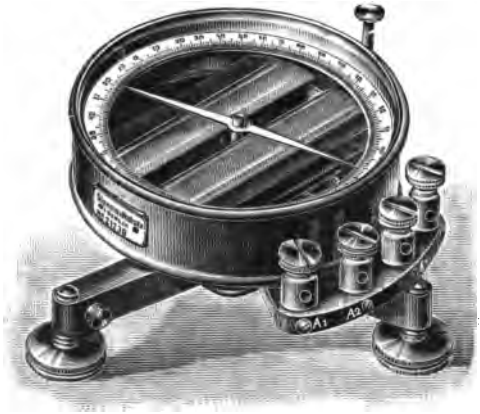


Fig. 47. Differentialgalvanometer.

II. Dynamometer, Voltameter, Elektrometer.

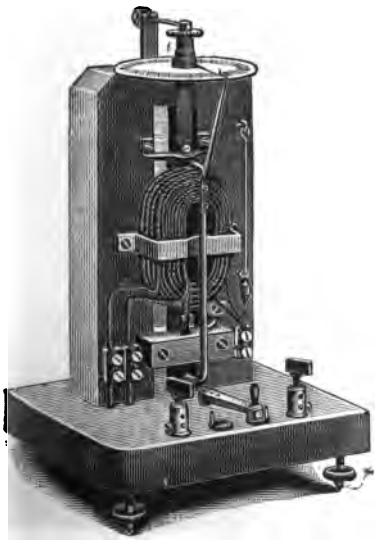


Fig. 48. Torsions-Elektrodynamometer für Strommessung.

Fig. 49. Astatisches Dynamometer für Spannungsmessung.

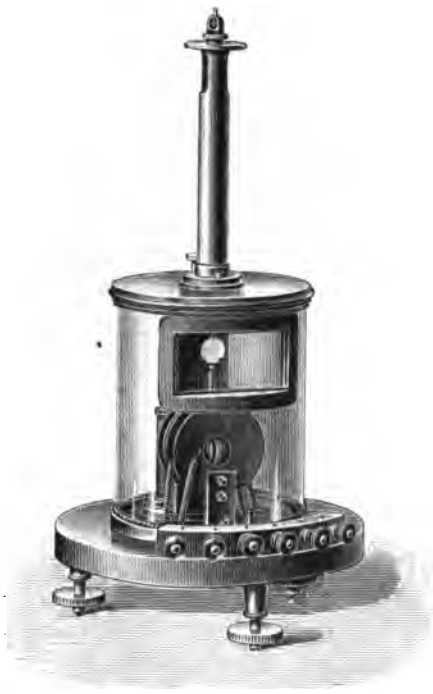


Fig. 50. Spiegel-Elektrodynamometer.

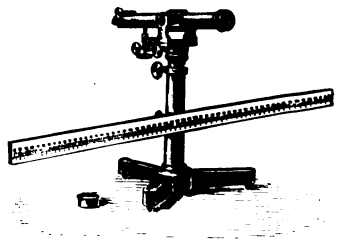


Fig. 51 und 52. Hülfsapparate für Spiegelablesung.

Fig. 53. Elektrodynamometer für Arbeitsmessung.

Fig. 54. Vorschaltwiderstand zu Fig. 53.

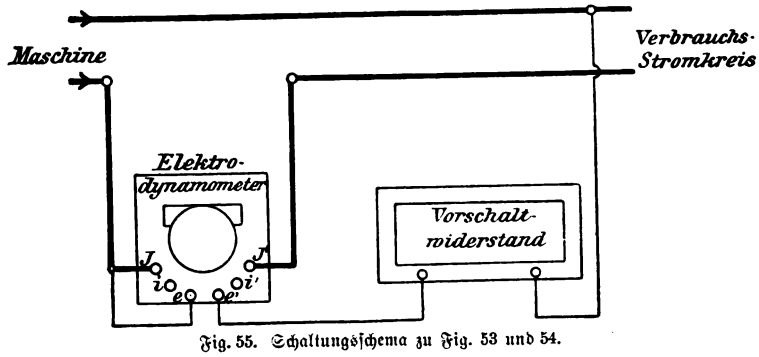


Fig. 55. Schaltungsschema zu Fig. 53 und 54.

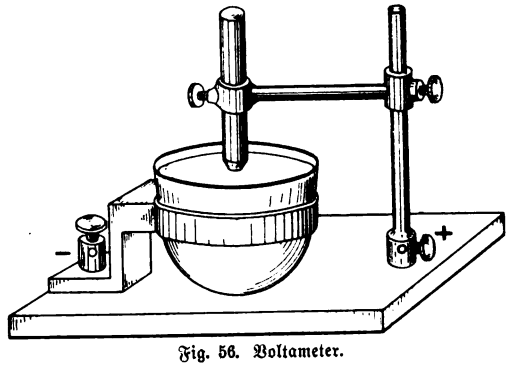


Fig. 56. Voltameter.

Fig. 57. Thomson-Elektrometer.

III. Technische Instrumente, Kontroll- und Registrirapparate.

Fig. 58. Stromzeiger.

Fig. 59. Spannungszeiger.

Fig. 60. Arbeitszeiger.

Fig. 61. Elektrizitätszähler.

Fig. 62. Elektrizitätszähler.

Fig. 63. Registrirapparat.

IV. Universalgalvanometer, Meßbrücke, Isolationsprüfer und Rheostaten.

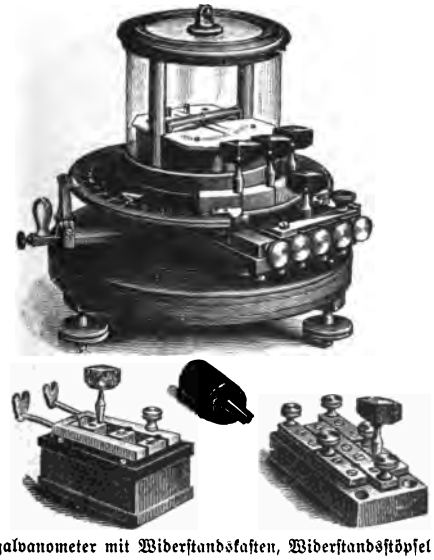


Fig. 64. Universalgalvanometer mit Widerstandskasten, Widerstandsstöpsel und Batteriewähler.

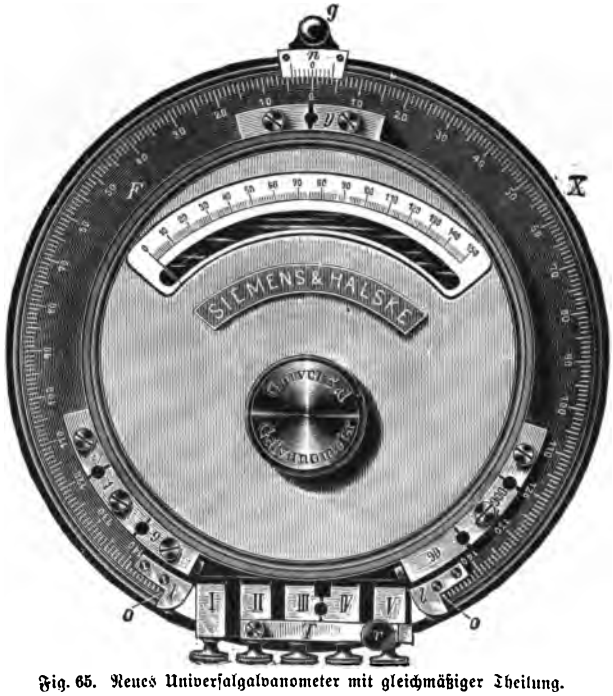


Fig. 65. Neues Universalgalvanometer mit gleichmäßiger Theilung.

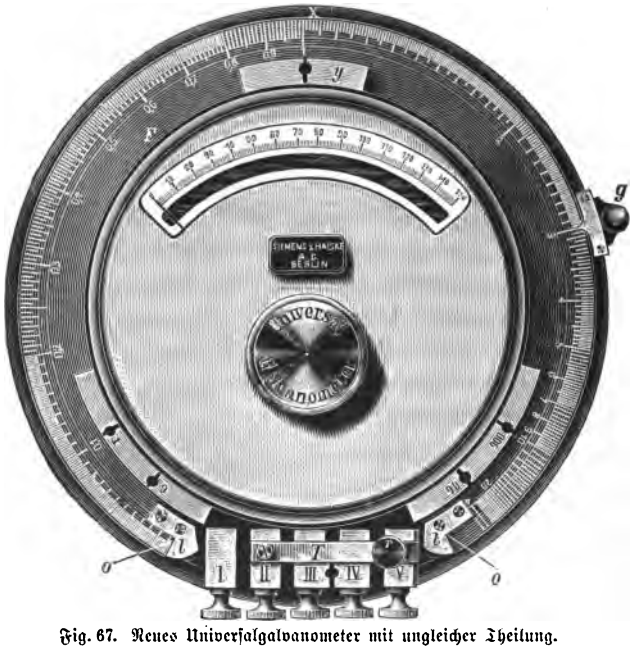


Fig. 67. Neues Universalgalvanometer mit ungleicher Theilung.

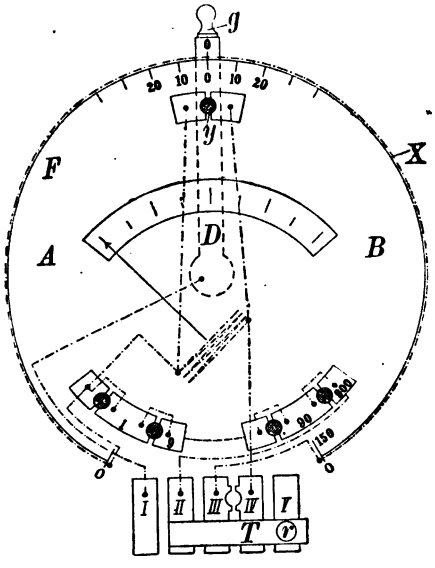


Fig. 66. Innere Schaltung zu Fig. 65.

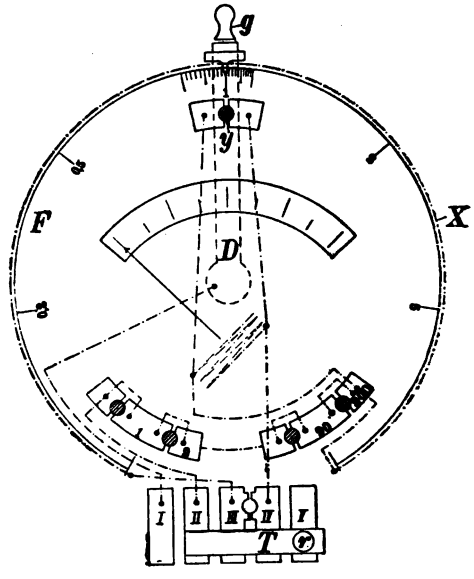


Fig. 68. Innere Schaltung zu Fig. 67.

Schaltungen des Universalgalvanometers.

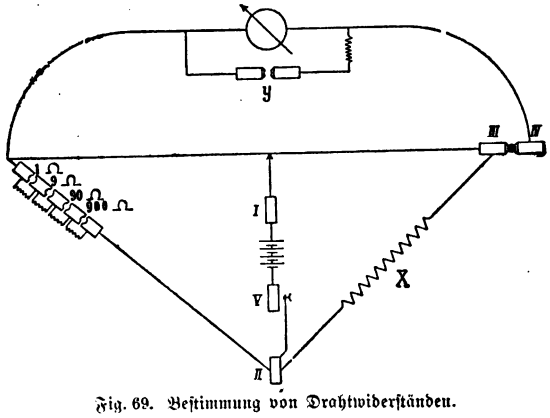


Fig. 69. Bestimmung von Drahtwiderständen.

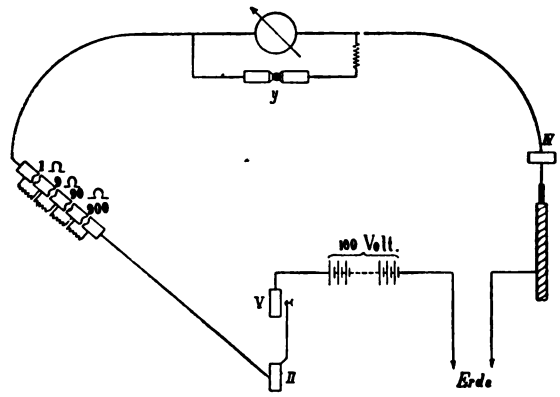


Fig. 70. Messen hoher Widerstände. Isolationswiderstände.

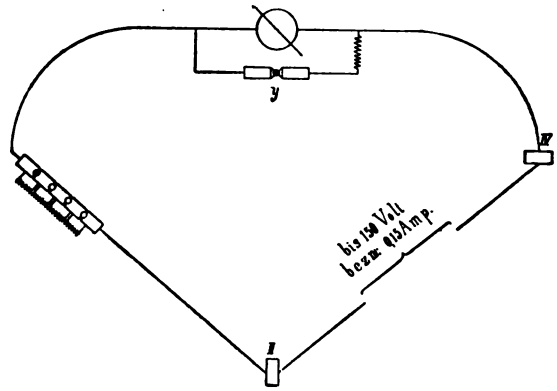


Fig. 71. Strom- und Spannungsmessungen.

Fig. 72. Montage-Meßbrücke.

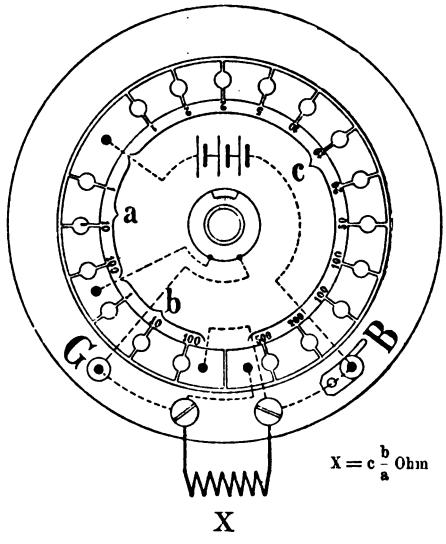


Fig. 73. Schaltung der Montage-Meßbrücke.

Fig. 74. Isolationsprüfer mit Batterie, Taste und Galvanometer.

Fig. 75. Isolationsprüfer mit Induktor und Galvanoskop.

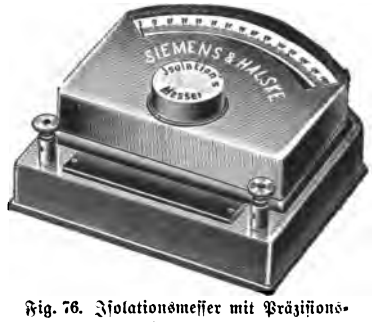


Fig. 76. Isolationsmesser mit Präzisionsgalvanometer.

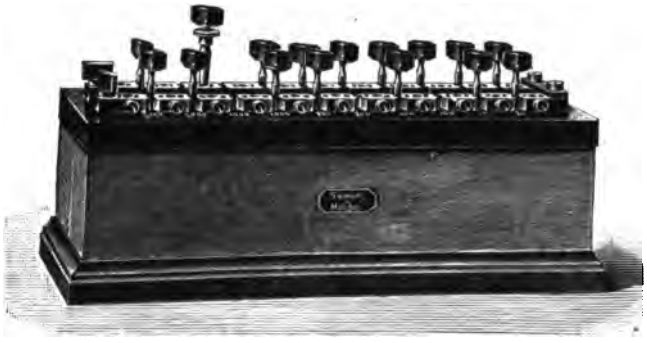


Fig. 77. Stöpselrheostat.

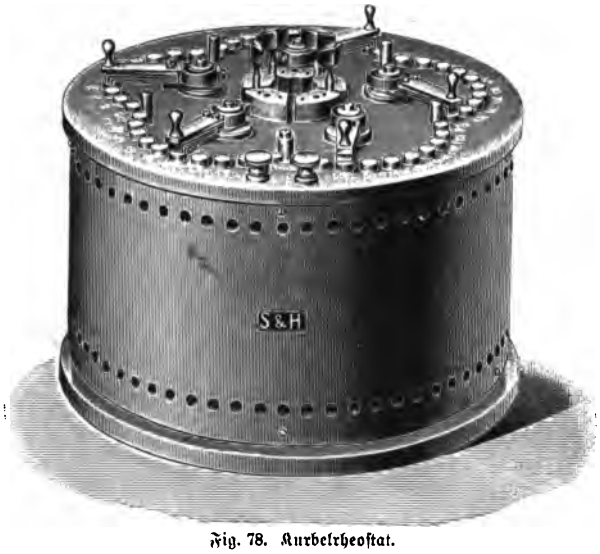


Fig. 78. Kurbelrheostat.

Fig. 79. Widerstandsspiralen für starke Ströme.

Abschnitt II.

Die Telegraphie oder das Fernschreiben.

1. Geschichtliches.

Vom frühen Alterthum bis in unser Jahrhundert hinein standen Licht und Schall allein zu Gebote für schnellen Gedankenaustausch in die Ferne durch sichtbare und hörbare Zeichen. Es wurde zwar auch versucht, die Reibungselektrizität für telegraphische Zwecke zu benutzen, doch wirklich sichtbare Erfolge wurden erst nach der Entdeckung des Galvanismus erreicht. Nach und während einer Reihe mehr oder weniger glücklicher Versuche und Konstruktionen europäischer Forscher gelang es im Jahre 1835 in Amerika Samuel Morse (geboren 27. April 1797, gestorben 2. April 1872) nach eifrigen Studien seinen Drucktelegraphen fertigzustellen, der für die weitere Ausbildung der Telegraphie von der allergrößten Bedeutung war. Im Jahre 1851 wurde das inzwischen sehr verbesserte System in verschiedenen deutschen Staaten angenommen und fand von da ab immer mehr Verbreitung. Nach ihm stellte Professor Hughes einen sehr vollkommenen Typendruckapparat her, und in der neuesten Zeit ist es sogar gelungen, mit dem Pantelegraph (Fernschreiber für Alles) von Caselli die eigenhändigen Schriftzeichen auf die Entfernung hin wiederzugeben.

2. Der Morse-Telegraph.

Zu einem vollständigen Morsesystem gehören als Hauptapparate:
- der Zeichengeber (die Taste),
- der Zeichenempfänger (der Schreibapparat) und
- die Elektrizitätsquelle für den übertragenden Strom (die galvanische Batterie, Akkumulatoren);

als verbindendes Glied zwischen Geber und Empfänger:
- die Leitung (Linie);

als Nebenapparate:
- das Galvanoskop,
- die Blitzschutzvorrichtung,
- das Relais,
- der Wecker (in Ausnahmefällen).

Die Taste.

Die Taste dient dazu, beim Telegraphiren den Leitungsstrom zu schließen und zu öffnen. Sie besteht aus drei parallelen Messingschienen, in deren Mittelschiene die stählerne Achse eines zweiarmigen Hebels gelagert ist. Auf jeder Seite des Hebels befinden sich Kontakte, welche mit den äußeren Schienen in Verbindung gebracht werden können. In der Ruhelage wird Kontakt durch eine Feder mit der sogenannten Ruheschiene hergestellt. Beim Telegraphiren wird dieser Kontakt aufgehoben und die Verbindung des Hebels mit der Arbeits- oder Telegraphirschiene hergestellt. An den drei Schienen befinden sich Klemmschrauben zum Anschließen von Leitungsdrähten. Fig. 80.

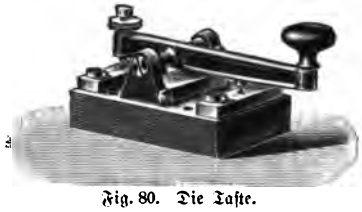


Fig. 80. Die Taste.

Der Schreibapparat.

Die Hauptbestandtheile des Morseschen Schreibapparates (Fig. 81 bis 84) sind das mechanische Uhrwerk und der Elektromagnet mit dem zweiarmigen

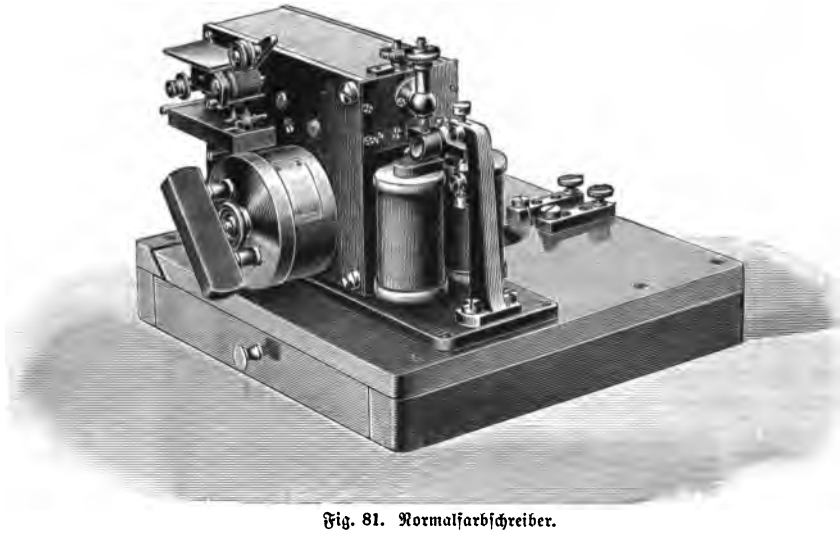


Fig. 81. Normalfarbschreiber.

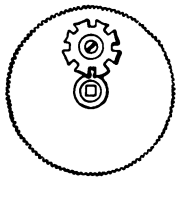
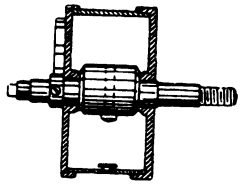


Fig. 82. Federtrommel mit Kontrole.



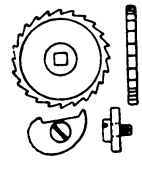


Fig. 83. Zahnrad mit Sperrkegel.

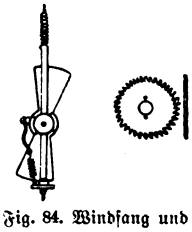


Fig. 84. Windfang und Schneckenrad.

Hebel, an dessen einem Ende der Anker direkt über den Polen des Elektromagneten, und an dessen anderem Ende eine Vorrichtung befestigt ist, welche

bei Bewegung des Ankers gegen einen Papierstreifen gedrückt wird, um auf diesem Zeichen (Striche und Punkte) zurückzulassen. Der Papierstreifen muß dabei mit gleichmäßiger Geschwindigkeit über die Schreibvorrichtung weggeführt werden. Dies geschieht durch das Uhrwerk, welches entweder durch ein Gewicht oder durch eine Feder getrieben und dessen Gang durch einen Windfang geregelt wird. Die Zeichen auf dem Papierstreifen werden durch ein Farbrädchen sichtbar gemacht, welches sich in einem mit Oelfarbe gefüllten Behälter, durch dasselbe Uhrwerk getrieben, dreht und durch den Anker des Elektromagneten auf und nieder bewegt werden kann. Der Morsestreifen befindet sich in einem als Fußgestell dienenden Kasten. Er ist in eine Rolle aufgewickelt und wird zwischen zwei Walzen über das Farbrädchen weggeführt. (Normal-Farbschreiber im Gegensatz zu Reliefschreiber.)

Räderwerk und Windfang sind in einem Messinggehäuse untergebracht. Der Abstand des Ankers von den Elektromagnetkernen kann verschieden eingestellt werden. Die Bewegung des Hebels kann begrenzt werden durch Anschlagschrauben, die durch Ansatzstücke von zwei Messingständern geführt sind. (Vorschriften über das Einstellen des Farbschreibers siehe Seite 68.)

Die Batterie.

Zur Erzeugung des elektrischen Stromes für telegraphische und ähnliche Zwecke werden in der Marine von nassen Elementen das Kupferelement und das Kohlenelement (Leclanché-, Fleischer- und stationäres Thor-Element), von trockenen Elementen, das transportable oder Feld-Thor-Element, das Helleſen-Element und die sogenannten lagerfesten Elemente gebraucht.

Das Kupferelement.

Das Kupferelement (vereinfachtes Meidinger-Element) von Krüger besteht aus drei Theilen:

a) einem cylindrischen Glasgefäß, das am inneren Rande 10 mm breit mit Oelfarbe gestrichen ist;

b) einem Zinkring mit drei nach außen vorspringenden Nasen, an denen der Zinkring auf dem Rande des Glases aufgehängt werden kann;

c) einer Bleiplatte, von deren Mitte ein runder Bleistab mit messingener Polklemme am oberen Ende ausgeht. Die Bleiplatte wird auf den Boden des Glasgefäßes gestellt. Fig. 85.

Zum Füllen (Ansetzen) der Elemente werden benutzt:

a) Fluß- oder Regenwasser oder abgekochtes und wieder abgekühltes Brunnenwasser.

b) Zinkvitriol (weißes Salz, Schwefelsäure mit Zink).

c) Kupfervitriol (blaue Krystalle, Schwefelsäure mit Kupfer).

Bei der Zusammensetzung einer Batterie ist folgendermaßen zu verfahren:

Bleiplatte und unteres Ende des Bleistabes werden sauber gereinigt und dünn mit erwärmtem Schweinefett bestrichen und so in das Glasgefäß eingesetzt, danach wird der Zinkring eingehängt. (Zink und Blei dürfen sich auf keinen Fall berühren.) Nunmehr werden die Gefäße mit verdünnter

Zinkvitriollösung gefüllt, so daß die Flüssigkeit noch 3 bis 4 mm vom oberen Rande des Zinkringes absteht. — Die Lösung bereitet man so, daß man in die gesammte erforderliche Wassermenge für jedes Element etwa 15 g Zinkvitriol schüttet und gehörig umrührt. Nach einiger Zeit gießt man die klare Lösung ab. — Sodann werden etwa 70 g Kupfervitriol in Stücken von der Größe einer Haselnuß in jedes Element geworfen.

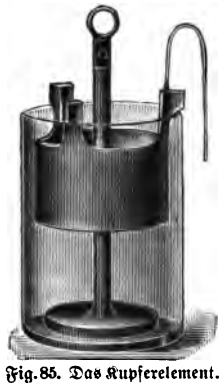


Fig. 85. Das Kupferelement.

Wenn sich über der Bleiplatte die Flüssigkeit blau gefärbt hat, ist das Element zum Gebrauch fertig. Beim Arbeiten der Elemente wird Zink und Kupfervitriol verbraucht, man muß das letztere in dem Maaße vorsichtig nachgeben, daß der untere Theil der Flüssigkeit stets blau gefärbt erscheint, daß die Färbung aber nicht bis an den Zinkcylinder reicht. Von Zeit zu Zeit (etwa alle 8 Wochen) ist von der oberen hellen Flüssigkeit etwas abzuheben und dafür Wasser nachzugießen, weil sich die Zinkvitriollösung sättigt. Zerstörte Zinkringe sind durch neue zu ersetzen, das niedergeschlagene Kupfer ist von der Bleiplatte abzulösen. Die Elemente sind vor Erschütterung und Stoß zu bewahren.

Die elektromotorische Kraft ist gleichmäßig etwa 1 Volt, der innere Widerstand beträgt für mittlere Typen neu ungefähr 5 bis 6 Ohm, alt 6 bis 10 Ohm, die höchste Strombeanspruchung 0,1 Ampère.

Bei größeren Aemtern werden durchweg Kupferelemente zum Telegraphiren gebraucht.

Das Kohlenelement.

Beim Kohlenelement besteht die eine Elektrode aus Zink, die andere aus Kohle, es ist in drei verschiedenen Formen in Gebrauch als:

1. Leclanché-Elemente älterer Ausführung (Fig. 86),
2. verbesserte Leclanché-Elemente oder Fleischer-Elemente (Fig. 87),
3. Universal-Thor-Elemente (Fig. 88).

Aelteres Leclanché-Element.

Die ältere Form der Leclanché-Elemente besteht aus:

a) viereckigem Glasgefäß,

b) Kohle, Braunstein, Cylinder,

c) amalgamirtem Zinkstab mit Kupferstreifen und Polklemme,

d) Isolirbrettchen, welches Zinkstab und Kohlencylinder von einander trennt.

Fleischer-Element.

Die neuere Form des Kohlenelementes (das Fleischer-Element oder Standkohlen-Element) besitzt Glasgefäß und Zinkcylinder wie das Kupferelement. Die Kohlenelektrode hat die Form eines Cylinders, der sich unten zu einem Fuß in Gestalt eines abgestumpften Kegels verbreitert, so daß diese Elektrode wie die Bleiplatte des Kupferelements auf den Boden des Gefäßes aufgestellt werden kann.

Universal-Thor-Element.

Das Universal-Thor-Element besitzt ein cylindrisches Glasgefäß, an

dessen Boden sich eine ringförmige Wulst zur Führung der Kohlenelektrode befindet. Die Zinkelektrode ist ein Cylinder mit angelöthetem und gelochtem

Fig. 86. Leclanché-Element älterer Form mit Kohle, Braunsteincylinder, Isolirbrettchen und Zinkstab.

Fig. 87. Fleischer-Element mit Zinkcylinder und Kohlencylinder.

Pol-Bleistreifen. Die Kohlenelektrode ist ein Kohlenstab mit vernickelter Stahlklemme, welcher von einem mit einer Mischung von Graphit und Braunsteinpulver gefüllten Beutel umgeben ist.

Zum Abschließen des Elementes und zur Führung der Elektroden ist ein Deckel aus imprägnirtem Holz vorhanden, der zur Durchführung der Elektroden passend durchlocht ist.

Die Füllung sämmtlicher genannten Kohlenelemente besteht aus einer konzentrirten Lösung von reinem pulverisirten Salmiak (Chlorammonium) in Regen-, Fluß-, Brunnen- oder Leitungswasser. Auf ein Liter kalk- und eisenfreien Wassers sind etwa 150 g Salmiak zu nehmen und in einem besonderen hölzernen oder irdenen Gefäße unter Umrühren aufzulösen. Die Flüssigkeit ist nicht zu hoch aufzufüllen. Aus der Flüssigkeit herausragende

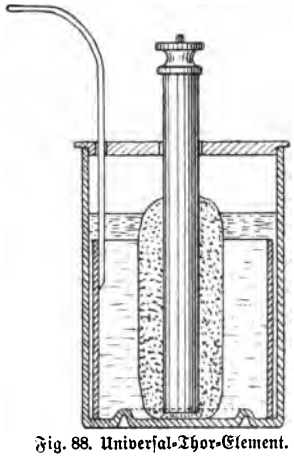


Fig. 88. Universal-Thor-Element.

Metalltheile und der Holzdeckel sind trocken zu halten. Die beiden Elektroden dürfen sich an keiner Stelle berühren.

Die elektromotorische Kraft der Kohlenelemente beträgt neu etwa 1,5 Volt, alt 1—1,2 Volt, der innere Widerstand neu 0,10—0,5 Ohm, alt 1—2 Ohm, die höchste Strombeanspruchung 0,25 Ampère.

Beim Anordnen der Elemente zu Batterien in Schränken ist darauf zu achten, daß die Fachbretter stets trocken sind und die Gläser nicht zu nahe aneinanderstehen. Die Aufstellung soll wegen der Verdunstung der Flüssigkeit und Ausscheidung des Salzes an einem nicht zu warmen Orte geschehen.

Bei sachgemäßer Aufstellung und Beanspruchung halten sich die Kohlenelemente ohne besondere Wartung sehr lange. Sie eignen sich für Betriebe mit Parallelschaltung in Telegraphen- und Alarmanlagen, für Mikrophonbatterien und überall da, wo keine langandauernde, sondern immer nur vorübergehende Stromentnahme stattfindet. Zeigen sich am Zink, an der Glaswand und an den Kohlen und Kohlenklemmen Krystalle, so müssen die Elemente gründlich gereinigt und neu angesetzt werden.

Trockenelemente. Die Trockenelemente finden Verwendung bei transportablen Batterien, zu Untersuchungszwecken und für provisorische Anlagen. Die Flüssigkeit ist in diesen Elementen meist durch eine mit Salzlösungen getränkte, mehr oder weniger feste, poröse hygroskopische Füllmasse ersetzt, außerdem ist das Gefäß abgeschlossen, so daß Verdunstung dadurch erschwert wird.

Helleisen-Trockenelement. Das Helleisen-Trockenelement besitzt eine runde oder viereckige büchsenförmige Zinkelektrode und eine von Braunstein umgebene Kohlenelektrode. Die Füllmasse besteht aus einer mit Salmiaklösung getränkten Gypsmischung. Die Deckmasse ist ein Gemisch von Asphalt und Wachs. Durch die Decke ist ein Ventilationsrohr von Glas (zuweilen sind es auch zwei) geführt, welches in eine Reisspreuschicht hineinragt und zur Abführung von Gasen dient. Der positive Pol wird durch eine Messingkappe mit Gewinde und Mutter am oberen Kohlenende, der negative Pol durch einen an die Zinkbüchse angelötheten Draht gebildet. Das ganze Element wird in einen Pappkasten gesteckt und durch eingestopfte Sägespähne und durch eine Verstärkung der Deckschicht befestigt. Elektromotorische Kraft etwa 1,5 Volt. Innerer Widerstand 0,1—0,5 Ohm je nach Größe. Fig. 89.

Lagerfestes Trockenelement. Der Unterschied des lagerfesten Trockenelements (System Ludwigsen) von einem gewöhnlichen Trockenelemente besteht darin, daß die Füllmasse ein völlig trockenes Gemisch von Salmiak und Schlackenwolle ist, in dem sich zwei geschlossene Glasgefäße mit hygroskopischer Flüssigkeit befinden. In diesem Zustand kann das Element beliebig lange ohne Wirksamkeit und Abnutzung aufbewahrt werden. Erst wenn das Element gebraucht werden soll, zertrümmert man die Glasgefäße, so daß die hygroskopische Flüssigkeit in Verbindung mit etwas hinzugefügtem Wasser an die Füllmasse herankommen kann, wodurch dann gewissermaßen ein gewöhnliches Trockenelement entstanden ist. Das Oeffnen der Glasgefäße geschieht dadurch, daß man einen bei-

gegebenen Holzstab nach Entfernung der Verschlußstöpsel bis auf den Boden der beiden in den Ecken befindlichen Papierhülsen stößt. Man gießt darauf noch so lange Wasser in eine der beiden Oeffnungen, bis das Element nichts mehr aufnimmt, verstopft oder verschmilzt die Oeffnungen und das Element ist gebrauchsfertig. Fig. 90.

Fig. 89. Hellesen-Trockenelement. Eckige Form.

Runde Form.

Fig. 90. Lagerfestes Trockenelement.

Feld-Thor-Element.

Das Feld-Thor-Element verdient richtiger die Bezeichnung geschlossenes nasses Element, statt Trockenelement. Das Element ist in seinen Bestandtheilen ohne Flüssigkeitsfüllung so zusammengesetzt, daß es ein festes transportables Ganzes bildet. Zu dem Zweck ist statt des Holzdeckels am Universal-Thor-Element eine festeingefügte Korkplatte mit darüberliegender Paraffinschicht und einer zweiten Schicht von Kompoundmasse. Durch diese abdichtende Decke führen ein Füllrohr und ein Ventilationsrohr aus Hartgummi nach dem Innern des Elementes.

Soll das Element gebraucht werden, so wird durch das Füllrohr die Salmiaklösung (event. mit einer kleinen Beimengung von Chlorzink) eingegossen und beide Rohre durch Korken verstopft.

Akkumulatoren (Sammler).

Wegen ihres geringen inneren Widerstandes und ihrer gleichbleibenden elektromotorischen Kraft eignen sich auch Akkumulatoren oder Sammler vorzüglich zu gemeinschaftlichen Batterien für Telegraphenleitungen bei Arbeitsstrom.

(Bei großen Telegraphenämtern stellt man Batterien von 80 Zellen, bei kleineren Aemtern Batterien von 40 Zellen auf.)

Die Sammler sind Elemente, welche sich durch einen elektrischen Strom derart laden lassen, daß bei Bedarf die hineingeschickte Strommenge angenähert wieder aus ihnen entnommen werden kann. In ein viereckiges Glas-

gefäß wird eine Anzahl von Bleiplatten parallel zu einander und in bestimmtem gegenseitigen Abstand aufgehängt. Die ungeradzahligen Platten (1, 3, 5 ꝛc.) werden durch Bleibrücken leitend miteinander verbunden und bilden den einen Pol; die geradzahligen, ebenso untereinander verbundenen, bilden den anderen Pol der Zelle. Als Füllflüssigkeit dient verdünnte Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,162 (20° Beaumé bei 15° C.). Die Platten werden von den verschiedenen Fabriken verschieden geformt und vor dem Gebrauch verschieden behandelt. Faure bestrich die Platten vor ihrer Verwendung mit Mennige, um Zeit und Strom beim Laden zu sparen. Fig. 91 und 92.

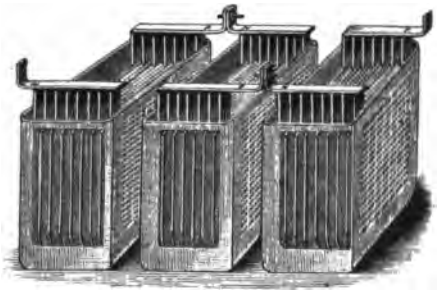


Fig. 91. Akkumulatoren hintereinandergeschaltet.

Fig. 92. Akkumulator für Telegraphenzwecke.

Innere Vorgänge in der Sammlerzelle.

Legt man die Ableitungsstreifen einer oder mehrerer zu einer Batterie vereinigten Sammlerzellen an die Pole einer galvanischen Batterie, so bedeckt sich die mit dem positiven Pol verbundene Plattengruppe nach und nach mit Bleisuperoxyd ($Pb O_2$), während die andere Plattengruppe eine reine Bleifläche beibehält.

Bei der Entladung wird aus dem Bleisuperoxyd am positiven Pol Bleioxyd (Pb O) und am negativen Pol bildet sich Bleisulphat ($Pb S O_4$).

Bei nochmaliger Ladung erhält man dann wieder [illegible] oxyd, am —Pol reines poröses Blei. Dies wiederholt sich bei weiteren Entladungen und Ladungen der Batterien.

Laden der Sammler.

Die Sammler können entweder durch Maschinenstrom oder durch den Strom einer galvanischen Batterie geladen werden. Fig. 93. In der Telegraphie werden hierzu gewöhnlich Kupferelemente verwendet. Die Stärke der Ladebatterie richtet sich nach der Beanspruchung der Sammler, also nach der Zahl der Leitungen. Für jede Leitung ist als Stromstärke zur Zeit des regsten Verkehrs 0,002 Ampère zu rechnen, die elektromotorische Kraft der Kupferelemente beträgt 1 Volt, der innere Widerstand 0,5 Ohm, die elektromotorische Kraft der Sammlerzelle 2 Volt, der innere Widerstand ist zu vernachlässigen.

Mit Hülfe des Ohmschen und der Kirchhoffschen Gesetze läßt sich die Zahl der Elemente finden, wobei noch zu beachten ist, daß ein Kupferelement mittlerer Größe etwa für 0,1 Ampère ausreicht.

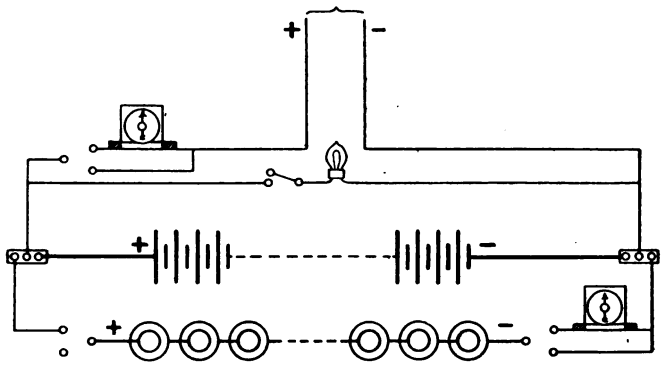


Fig. 93. Schaltung einer Akkumulatorenbatterie (12 Zellen) mit Ladebatterie (30 Elemente), Galvanoskop und Kontrollampe (25 Volt).

(Hat man z. B. eine Sammlerbatterie von 40 Zellen und 60 Leitungen, für die $60 \cdot 0{,}002 = 0{,}12$ Ampère vorzusehen sind, so sind zwei parallel geschaltete Kupferelementbatterien vorzusehen, jede von 120 Elementen, denn die elektromotorische Kraft des Ladekreises [E. M. K. der Elemente — E. M. K. der Zellen] ist $120 - 40 \cdot 2 = 40$ Volt. Der Widerstand der beiden parallelen Kupferelementbatterien $\frac{120 \cdot 5}{2} = 300$ Ohm, giebt $i = \frac{e}{w} = \frac{40}{300} = 0{,}133$ Amp.)

In oberirdischen Arbeitsstromlinien rechnet man etwa 0,013 Ampère, in Ruhestromlinien etwa 0,0075 Ampère. Strombedarf beim Telegraphiren. Zahl der Elemente.

In Deutschland rechnet man für Arbeitsstrom die Batterien so, daß auf je 60 bis 70 Ohm Gesammtwiderstand ein Kupferelement genommen wird. Von einer einfach hintereinander geschalteten Batteriegruppe sind höchstens fünf Linien gemeinschaftlich zu betreiben.

In Ruhestromlinien sind einzuschalten:

für je 5 km Leitungslänge 1 Element, für jeden Satz Apparate 9 Elemente.

Eine Batterie von 30 Thor-Elementen kann bis zu 30 Feldtelegraphenapparate zum Ansprechen bringen, wenn die Leitungslängen innerhalb der bei Festungstelegraphenanlagen üblichen Grenzen bleiben.

Fig. 94. Galvanoskop.

Nebenapparate. Das Galvanoskop.

Das Galvanoskop wird auf jedem Amt in die Leitung eingeschaltet und dient zur Kontrole der Betriebsfähigkeit der Leitung, indem es während des Telegraphirens durch seinen normalen Ausschlag anzeigt, daß die Leitung den normalen Strom führt und somit in guter Ordnung ist. Das Galvanoskop besteht aus einer Multiplikatorspule, in welcher drehbar ein Magnet be-

festigt ist. An dem Magneten befindet sich ein Zeiger, dessen Spitze sich über eine Skala hin bewegt, sobald durch den Multiplikator Strom hindurchgeht. Fig. 94.

Bleibt nun beim Schließen des Stromkreises einer Telegraphenleitung durch die Taste der Zeiger des Galvanoskops in seiner Ruhelage, so ist dadurch angezeigt, daß die Leitung irgendwo unterbrochen ist. Giebt aber das Galvanoskop einen ungewöhnlich starken Ausschlag, so ist anzunehmen, daß in der Leitung schädliche Nebenschließungen existiren.

Es ist darauf zu achten, daß die Wickelung der Multiplikatorspule unversehrt ist, und daß der Magnet seinen Magnetismus beibehalten hat.

Blitzschutzvorrichtungen.

Wird eine Leitung oberirdisch geführt, so kann sie durch Blitzschlag getroffen werden. Um in solchem Falle die Apparate und das Bedienungspersonal vor der zerstörenden Einwirkung der Gewitterentladung zu schützen, wird zwischen Leitung und Apparat ein Blitzableiter eingeschaltet, mit Hülfe dessen die Entladung zur Erde direkt eingeleitet wird.

Der Plattenblitzableiter.

Die gebräuchlichsten dieser Schutzvorrichtungen sind die Plattenblitzableiter. Sie bestehen aus zwei auf einem Metallrahmen isolirt aufgeschraubten, geriffelten Leitungsplatten und einer in kleinem Abstande darüber liegenden Deckplatte (Erdplatte), welche mit dem Rahmen und durch diesen mit der Erde in leitender Verbindung steht. Das eine Ende der Leitungsplatten führt an den Leitungsdraht, das andere Ende an die Apparatleitungen. Die Stöpsellöcher dienen zur Herstellung der erforderlichen Verbindungen. Durch Stöpselung der Löcher rechts oder links kommt je einer der beiden Leitungswege mit der Erde in Verbindung; durch Stöpselung des oberen Loches kann man beide Leitungen gleichzeitig mit der Erde verbinden. Die Stöpselung des mittleren Loches ermöglicht die direkte Verbindung der beiden Leitungen mit einander. Fig. 95.

Fig. 95. Plattenblitzableiter.

Der Spitzenblitzableiter.

Die Wirkungsweise des Plattenblitzableiters beruht auf der Eigenschaft der hochgespannten, atmosphärischen Elektrizität, daß sie lieber kleine Luftstrecken überspringt, wenn sie dadurch direkt zur Erde gelangt, als daß sie Drahtleitungen mit Schleifen und Windungen durchläuft. Scharfe Kanten und Spitzen begünstigen den elektrischen Ausgleich und das Ueberspringen des Funkens. Sieht man von der Möglichkeit des Schaltens ab, so genügt auch als einfacherer Apparat der Spitzenblitzableiter. Fig. 96.

Fig. 96. Spitzenblitzableiter.

Der Stangenblitzableiter.

Der Stangenblitzableiter beruht auf dem gleichen Prinzip wie der Plattenblitzableiter und ist nur eine andere Form desselben, bei welcher dem speziellen Zwecke entsprechend das Stöpseln und Schalten fortfällt. Er wird

an denjenigen Stellen, wo oberirdische Leitungen in unterirdische übergehen, zum Schutze der letzteren an einem Leitungsmast (Stange) angebracht. Fig. 97.

Der Spindelblitzableiter.

Eine andere Art von Blitzableitern bildet der Spindelblitzableiter. Er wird meist zur Sicherung von Fernsprechapparaten gegen Blitzschaden zwischen diese und die oberirdische Leitung zuweilen noch in Verbindung mit einem Plattenblitzableiter geschaltet. Bei ihm soll ein feiner, schwach isolirter Kupferdraht durchgeschmolzen werden, welcher auf einer Metallspindel, die Erdverbindung hat, aufgewickelt ist. Der Strom wird dadurch von den Apparaten ferngehalten und durch die Spindel zur Erde abgeleitet. Fig. 98. (Siehe auch Fig. 164 Seite 83.)

Fig. 97. Stangenblitzableiter.

Oft werden noch besondere Abschmelzsicherungen in die Leitungen eingeschaltet, welche zu hohes Anwachsen des Stromes verhüten. Fig. 99.

Das Relais.

Auf dem Wege durch sehr lange Leitungen kommt der Strom infolge von Nebenschließungen und anderen schädlichen Einflüssen derart geschwächt auf der entfernten Station an, daß er nicht mehr im Stande ist, den Schreibapparat sicher und kräftig in Bewegung zu setzen. Man sendet den Strom deshalb durch einen sehr empfindlichen Elektromagneten, der nur einen leichten Anker anzuziehen hat. (Relais.) Beim Anziehen des Ankers wird gleichzeitig ein neuer Stromkreis geschlossen, der eine besondere Lokalbatterie und den Schreibapparat enthält. Die Lokalbatterie kann nun kräftig auf den Schreibapparat einwirken.

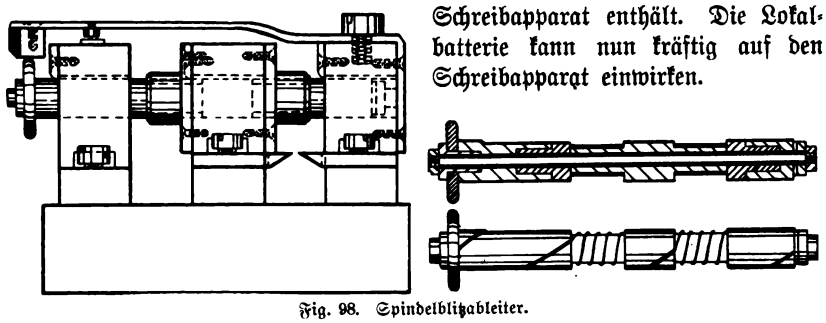


Fig. 98. Spindelblitzableiter.

Das Relais kann auch auf einem Amt zwischen zwei entfernten Stationen aufgestellt sein; es überträgt dann die Zeichen von einer Strecke auf die andere und erspart das Umtelegraphiren. Es wirkt dabei wie eine Taste, welche aber nicht von Hand, sondern aus der Ferne durch elektrischen Strom bethätigt wird.

Man unterscheidet das gewöhnliche Relais und das polarisirte Relais. Beim ersten bildet den Anker ein weiches Eisenstück, beim zweiten das Polende eines Magneten. Fig. 100 und 101.

Fig. 99. Abschmelzsicherung.

Der Wecker

Damit auf einem kleinen Telegraphenamt der Apparat nicht dauernd von dem Beamten beobachtet zu werden braucht, kann man mit dem Apparat einen Wecker derart verbinden, daß beim Stromdurchgang durch den Schreibelektromagneten mittelst eines Kontaktes am Anker ein Stromkreis mit Wecker und Ortsbatterie geschlossen wird, infolge dessen eine Glocke ertönt, die den Beamten herbeiruft.

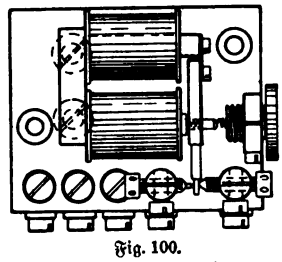


Fig. 100.
Gewöhnliches Relais.

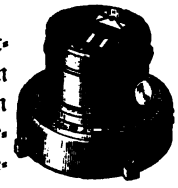


Fig. 101. Polarisirtes Dosenrelais.

Ein Wecker besteht im Wesentlichen aus einem Elektromagneten mit Anker, der sich in einen Klöppel fortsetzt. Wird bei erregtem Magneten der Anker angezogen, so schlägt der Klöppel gegen eine Glocke. Damit dies wiederholt geschieht und ein dauerndes Läuten stattfindet, muß die Elektromagnetwickelung abwechselnd stromdurchflossen und stromlos werden. Das wird entweder durch Stromunterbrechung oder durch Kurzschließen der Wicklung bei angezogenem Anker bewirkt; danach unterscheidet man:

Wecker mit Selbstunterbrechung des Stromes und Wecker mit Selbstausschluß der Elektromagnetrollen. Fig. 102 und 103.

Fig. 104 zeigt die Schaltung des Weckers als Einschlagglocke.

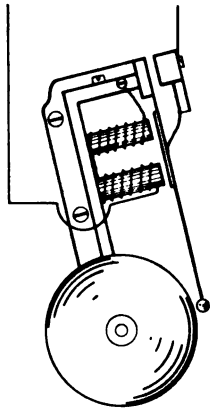


Fig. 102. Weckerschaltung für Selbstunterbrechung.

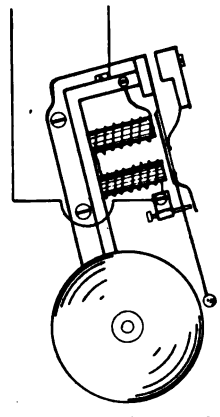


Fig. 103. Weckerschaltung für Selbstausschluß der Magnetrollen.

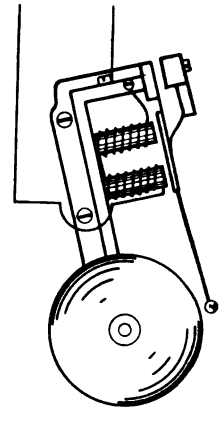


Fig. 104. Weckerschaltung als Einschlagglocke.

Eine dritte Art bilden die Wecker für Induktionsbetrieb, die entweder wie die beiden ersten Wecker konstruirt sind oder auch mit einem polarisirten Anker versehen sind. Sie erhalten ihren Strom, der schnell seine Richtung ändert, von einer besonderen Induktionsmaschine, die durch Drehen an einer Kurbel in Gang gesetzt wird. Während bei den Weckern mit gewöhn-

lichem Anker Magnetismus und Federkraft die hin- und hergehende Bewegung des Klöppels bewirken, wird beim polarisirten Anker ein Magnet infolge der wechselnden Pole des Elektromagneten hin- und hergeworfen. Fig. 105 und 106.

Fig. 105. Induktionsmaschine.

Fig. 106. Wechselstromwecker.

3. Apparatverbindungen und Schaltungen.

Zur beliebigen Umleitung und Umänderung der Richtung des elektrischen Stromes sowie zur Verbindung einzelner Theile des Stromkreises für bestimmte Zwecke dienen die Stromwender (Kommutatoren) und die Umschalter.

Mit der Einschaltung eines Stromwenders ermöglicht man ohne Aenderung der Drahtverbindungen die Umkehrung der Stromrichtung. In der Telegraphie finden hauptsächlich der Stöpselkommutator und die Wippe Verwendung. Fig. 107 und 108. Stromwender.

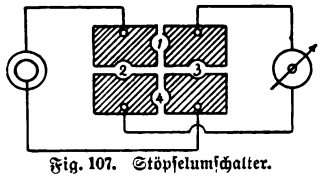


Fig. 107. Stöpselumschalter.

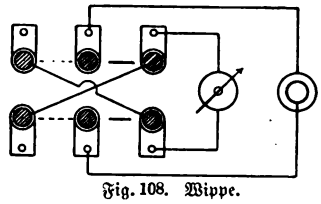


Fig. 108. Wippe.

Die Umschalter dienen dazu, den Strom nach Belieben durch verschiedene Wege zu leiten oder auch Stromleitungen miteinander zu verbinden. Es sind in der Telegraphie ganz bestimmte Typen je nach dem beabsichtigten Zweck in Gebrauch, welche mit den römischen Zahlen I bis VII bezeichnet werden. Umschalter.

Umschalter I wird unter dem Namen Linienumschalter auf großen Aemtern gebraucht, wo viele Leitungen mit vielen Apparaten, Hülfsapparaten und unter sich zu verbinden sind. Er besteht der Hauptsache nach aus zwölf horizontalen parallelen Messingschienen und darüber liegend in bestimmtem Abstand aus zwölf vertikalen ebensolchen Schienen, jede Schiene besitzt an den Enden Anschlußklemmen, an den Kreuzungsstellen sind die Schienen Linienumschalter I.

durchbohrt, so daß durch einen Metallstöpsel die obere Schiene mit der unteren leitend verbunden werden kann. In der neueren Ausführung befinden sich in der Fortsetzung der Vertikalschienen Anschlußstücke, die gleichfalls durch Stöpsel mit der zugehörigen Schiene verbunden werden können. An die Vertikalschienen werden die verschiedenen Leitungen angeschlossen, an die Anschlußstücke werden diejenigen Apparate gelegt, die für gewöhnlich mit der Leitung der zugehörigen Vertikalschienen zusammenarbeiten. Von den Horizontalschienen läßt man einen Theil frei zum Verbinden der einzelnen Leitungen miteinander, ein Theil führt an Hülfsapparate; an die vorletzte Schiene ist gewöhnlich ein Untersuchungsinstrument und an die letzte Schiene eine Ableitung zur Erde angeschlossen. Fig. 109.

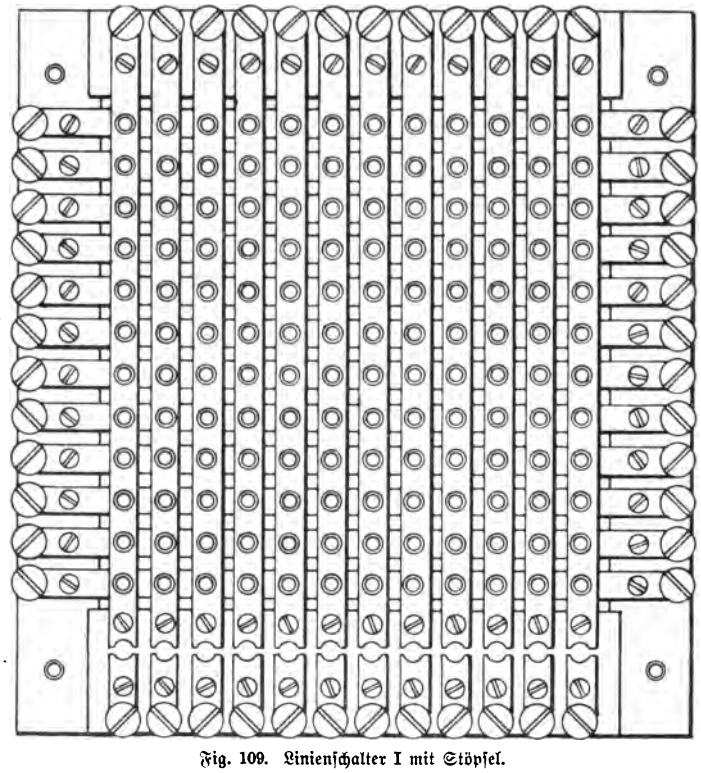


Fig. 109. Linienschalter I mit Stöpsel.

Man kann nun mit Hülfe dieses Umschalters durch passende Wahl der Stöpselungen die Leitungen isoliren oder mit ihrem Apparat, mit anderen Leitungen, mit einem Hülfsapparat, einem Untersuchungsinstrument oder mit der Erde nach Belieben verbinden.

Linienumschalter II ist für eine kleinere Anzahl von Leitungen und Apparaten bestimmt. Die ältere Ausführung für vier Leitungen und vier Apparate besitzt zehn kurze vertikale Schienen, von denen die neunte an ein Untersuchungsinstrument oder an einen Aushülfsapparat und die zehnte an Erde führt. Quer vor sämmtlichen zehn Schienen liegt eine Horizontalschiene, die mit den einzelnen Vertikalschienen durch Stöpsel leitend verbunden werden kann. Fig. 110.

Linienumschalter II.

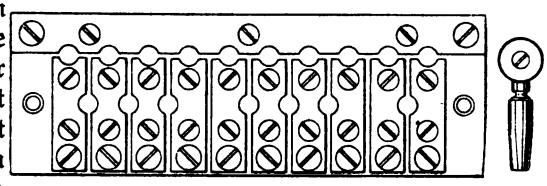


Fig. 110. Linienumschalter II mit Stöpsel.

Die neuere, sehr zweckmäßige Anordnung hat zwölf Vertikalschienen, dient für sechs Leitungen und sechs Apparate. Oben und unten liegt je eine Horizontalschiene, von denen die eine an Untersuchungsinstrument, die andere an Erde führt. Die beiden Horizontalschienen lassen sich durch Herausnehmen einer Schraube in zwei Theile zerlegen, so daß dadurch zwei getrennte Umschalter für je drei Leitungen und drei Apparate entstehen.

Umschalter III dient zum Aus- und Einschalten eines Apparates. Er besitzt nur zwei Schienen, die durch einen Stöpsel leitend verbunden werden können, wodurch der zwischen den Schienen liegende Apparat kurzgeschlossen oder ausgeschaltet wird, indem der Strom seinen Weg direkt von Schiene zu Schiene nimmt. Fig. 111.

Umschalter III.

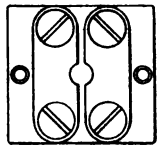


Fig. 111. Umschalter III.

Der Umschalter IV dient dazu, abwechselnd zwei Leiter mit einem dritten oder mit einem Apparate zu verbinden. Er besteht aus drei Schienen, von denen die mittlere durch Stöpselung entweder mit der linken oder rechten in Verbindung gebracht werden kann. Fig. 112.

Umschalter IV.

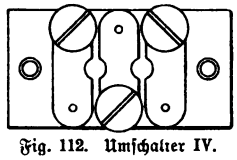


Fig. 112. Umschalter IV.

Umschalter V dient dem gleichen Zweck wie Umschalter IV. Seine Handhabung geht jedoch schneller von Statten, da die Umschaltung nicht durch Stöpseln, sondern durch Drehen an einer Kurbel bewirkt wird. Fig. 113.

Umschalter V (Kurbelumschalter).

Die Umschalter VI, VIa und VII besitzen bezw. 4, 5 und 6 Schienen, welche in einer bestimmten Lage zu einander angeordnet sind. Sie finden speziell bei Zwischenämtern und Eckstationen Verwendung, wie bei den Schaltungen näher auseinander gesetzt werden wird. Fig. 114 bis 116.

Umschalter VI, VIa und VII.

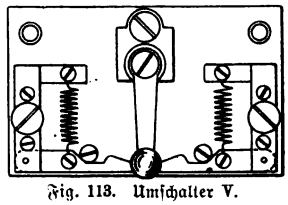


Fig. 113. Umschalter V.

Die Schaltungen und Verbindungen zwischen Leitungen und Apparaten sind verschieden, je nachdem mit Arbeitsstrom oder Ruhestrom gearbeitet werden soll, und je nachdem man sich auf einem Endamt oder auf einer Zwischenstation befindet.

Schaltungen und Stromläufe.

Wenn jedesmal nur dann der Stromkreis geschlossen und Strom durch

Arbeitsstrom.

Leitung und Apparate geschickt wird, wenn ein telegraphisches Zeichen gegeben werden soll, so sagt man, die Linie wird mit Arbeitsstrom betrieben.

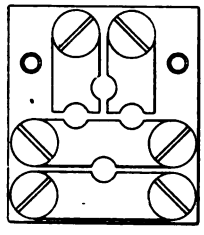


Fig. 114. Umschalter VI.

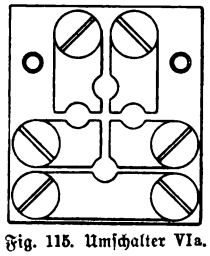


Fig. 115. Umschalter VIa.

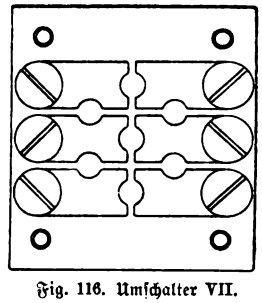


Fig. 116. Umschalter VII.

Ruhestrom.

Wenn der Stromkreis für gewöhnlich geschlossen ist und ein dauernder Strom durch Leitung und Apparate fließt, der nur dann unterbrochen wird, wenn ein telegraphisches Zeichen gegeben werden soll, so arbeitet man mit Ruhestrom.

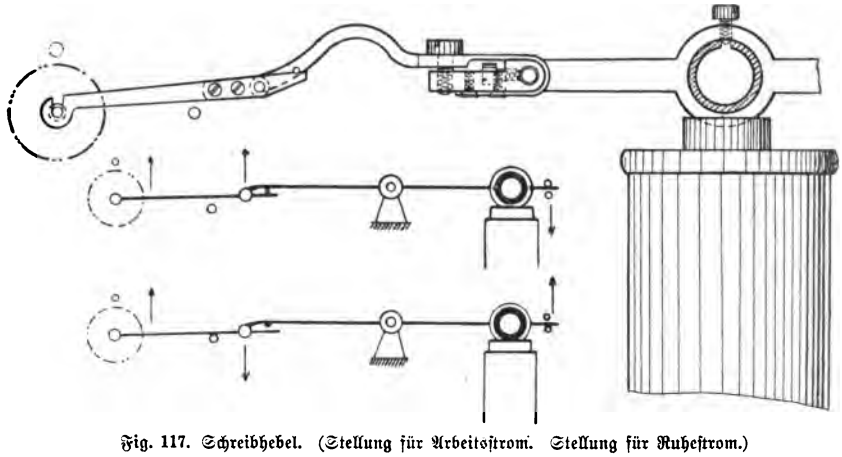


Fig. 117. Schreibhebel. (Stellung für Arbeitsstrom. Stellung für Ruhestrom.)

Der Schreibhebel bei Arbeitsstrom und bei Ruhestrom.

Der Anker des Elektromagneten am Schreibapparat wird bei stromlosen Elektromagnetrollen durch eine Feder von den Polen ferngehalten; fließt Strom durch die Rollen, so wird der Anker angezogen. Bei Arbeitsstrom wird er sich also beim Zeichengeben von oben nach unten bewegen, beim Ruhestrom umgekehrt von unten nach oben. In beiden Fällen muß aber durch die Bewegung des Ankers gleichzeitig das Farbrädchen von unten nach oben gehoben und gegen den Papierstreifen gedrückt werden. Bei Arbeitsstrom geschieht dies einfach, wenn der Anker an dem einen und das Farbrädchen an dem anderen Ende eines zweiarmigen Hebels sich befindet. Damit nun derselbe Apparat auch für Ruhestrom verwendet werden

kann, ist die Hebelkonstruktion in sinnreicher Weise derart ausgeführt, daß durch geringes Verstellen einer Schraube der Hebel vierarmig wird, und nun das Farbrädchen von unten nach oben bewegt wird, wenn der Anker beim Unterbrechen des Stromes gleichfalls von unten nach oben geht. Fig. 117.

Bei Ruhestrom läßt sich durch den Ausschlag des Galvanometers stets kontroliren, ob die Leitung in Ordnung ist. Vergleich der Betriebsarten mit Arbeitsstrom und mit Ruhestrom.

Beim Arbeitsstrom sieht man erst beim Telegraphiren, ob die Leitung keine Unterbrechung hat.

Bei Ruhestrom genügt auch für eine beliebige Zahl von Zwischenstationen eine einzige Batterie, die nach der größten Entfernung bemessen ist.

Bei Arbeitsstrom muß für jede Station eine besondere Batterie vorgesehen werden.

Bei Ruhestrom wird dauernd Strom verbraucht und die Elemente müssen gut konstant bleiben.

Bei Arbeitsstrom wird nur während des Telegraphirens die Batterie beansprucht.

Bei Ruhestrom wird durch Isolationsfehler und Ableitungen namentlich bei nassem Wetter für weite Entfernungen der Strom in den Leitungen um so schwächer, je weiter sie von der Batterie abliegt. Bei Unterbrechung an entfernter Stelle können bei großer Batterie Apparate in der Nähe noch genügend Strom behalten, um nicht zu funktioniren, bei kleiner Batterie erhalten die entfernten Apparate nicht genug Strom, um den Anker sicher anzuziehen und festzuhalten.

Bei Arbeitsstrom kann man ohne Betriebsstörung die Batterien hinreichend groß machen.

Die Betriebskosten für Ruhestrom sind theurer als für Arbeitsstrom; für die Wahl des Systems kommt jedoch lediglich die Zweckmäßigkeit in Betracht, daher gilt im Allgemeinen die Regel:

Arbeitsstrom wird für lange Leitungen mit wenig Zwischenstationen verwendet. (Direkte oder durchlaufende Linien.)

Ruhestrom wird für kurze Leitungen mit vielen Zwischenstationen verwendet. (Omnibuslinien.)

Zur Entstehung eines elektrischen Stromes ist es erforderlich, daß ein vollständig geschlossener Leitungskreis vorhanden ist. Man müßte also beim Telegraphiren beide Pole der Batterie der einen Station mit beiden Enden der Elektromagnetwicklung der anderen Station durch zwei Leitungen (Hin- und Rückleitung) verbinden. Die eine Leitung läßt sich jedoch durch die Erde vollständig ersetzen, die als ein Leiter von sehr großem Querschnitt und verschwindend kleinem Widerstand anzusehen ist. Die Erde als Leiter.

Auf jeder der beiden Endstationen befindet sich Taste, Schreibapparat und Batterie. Die mittlere Schiene der Taste (Körper) ist mit der Leitung verbunden, an der Ruheschiene liegt ein Ende der Elektromagnetwicklung des Farbschreibers, an der Telegraphirschiene liegt der Zinkpol der Batterie. Zwei Endstationen für Arbeitsstrom.

Das andere Ende der Elektromagnetwicklung und der Kupferpol der Batterie werden gemeinsam an Erde gelegt. Fig. 118. Für gewöhnlich ist durch den Tastenhebel die Mittelschiene mit der Ruheschiene verbunden, und jedes Amt ist bereit, einen ankommenden Strom in der Elektromagnetwicklung aufzunehmen. Drückt man die Taste, so wird die Mittelschiene mit der Telegraphirschiene verbunden, statt des Zeichen empfangenden Schreibapparates wird die Zeichen gebende Batterie eingeschaltet. Es fließt ein Strom vom Kupferpol durch die Erde nach dem Schreibapparat der zweiten Station, von da über die Taste durch die Leitung nach der ersten Station zurück über die Taste nach dem Zinkpol der Batterie. Der Anker des Schreibhebels auf der zweiten Station wird angezogen und das Farbrädchen gegen den Papierstreifen gedrückt, wodurch je nach Dauer des Tastendruckes kurze oder lange Striche hervorgerufen werden, die in bestimmter Zusammenstellung Buchstaben bedeuten (Morse-Alphabet Seite 59).

Zwei Endstationen für Ruhestrom.

Bei Ruhestrom sind Batterie und Schreibapparate hintereinander geschaltet. Die Telegraphirschiene bleibt von Anschlüssen frei. Die Batterie kann auf einer Station vollzählig stehen, oder die Elemente können auf die Aemter vertheilt werden, was gewöhnlich geschieht. Bei der Vertheilung ist darauf zu achten, daß in dem geschlossenen Stromkreis die elektromotorischen Kräfte der einzelnen Batterien in gleichem Sinne gerichtet sind. Fig. 119 und 120.

Endstation für Ruhestrom mit Relais und Ortsbatterie.

Bei Stromunterbrechung in der Hauptlinie wird der Anker des Relais losgelassen, er bewegt sich nach oben und der Schreibhebel legt sich gegen einen Kontakt, durch den ein lokaler Stromkreis mit Ortsbatterie und Schreibapparat geschlossen wird. Fig. 121.

Endstation für Arbeitsstrom mit Wecker.

Der Wecker ist parallel zur Batterie geschaltet, jedoch so, daß der Leitungsweg über den Schreibhebel führt, der erst dann den Stromkreis schließt und die Glocke ertönen läßt, wenn Strom durch den Elektromagneten des Schreibapparates fließt, also Zeichen empfangen werden sollen. Um den Wecker nach Belieben ein- und ausschalten zu können, ist in den Weckerstromkreis noch ein besonderer Ausschalter gelegt. Fig. 122.

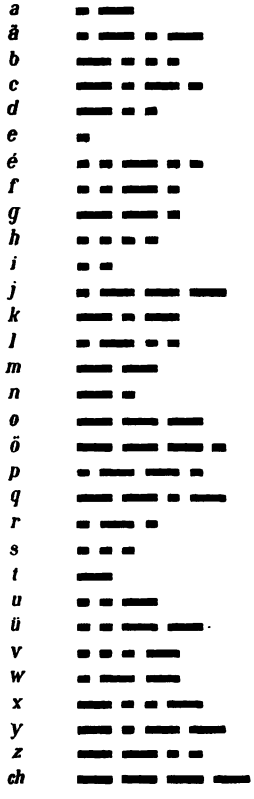
Zwischenamt mit zwei Leitungen und einem Apparat.

Die beiden Leitungen sind durch die Schienen eines Plattenblitzableiters, der gleichzeitig als Umschalter dient, an den Apparat geführt. Gewöhnlich ist kein Loch des Blitzableiters gestöpselt, die Apparate sind alsdann in der Zirkular- oder Durchsprechstellung geschaltet, wo die Telegramme zwischen den Endstationen mit aufgezeichnet werden und vom Zwischenamt gleichzeitig nach beiden Endämtern Zeichen gegeben werden können. Es fehlt alsdann zum Unterschied vom Endamt die Erdverbindung. Fig. 123.

Wird Loch 1 gestöpselt, so ergiebt sich die Direktstellung, wo die Apparate des Zwischenamtes ausgeschaltet und die beiden Leitungen und Endämter direkt mit einander verbunden sind.

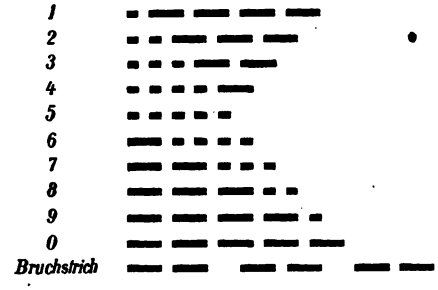
Die Morseschrift.

I. Alphabet.

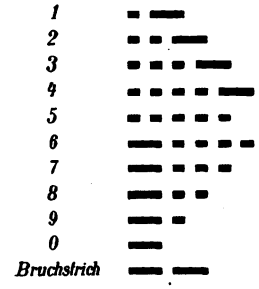


II. Ziffern

a, Gewöhnliche



b, Abgekürzte



III. Interpunktionszeichen.

IV. Dienstzeichen.

Anmerkung: 1 Strichlänge = 3 Punktlängen. Der Zwischenraum der einzelnen Zeichen eines Buchstabens = 1 Punktlänge. Der Zwischenraum zwischen 2 Buchstaben = 3 Punktlängen. Der Zwischenraum zwischen je 2 Worten = 5 Punktlängen.

Stöpselung von Loch 2 oder 3 giebt die Lokal- oder Endstellung; hierbei wird das Zwischenamt für die eine oder für die andere Leitung zum Endamt gemacht.

Stöpselung von Loch 4 schaltet das Zwischenamt aus und legt beide Leitungen an Erde.

Zwischenamt mit zwei Leitungen und zwei Apparaten (Trennamt).

Die Zwischenämter mit zwei Leitungen und zwei Apparaten ermöglichen es, gleichzeitig mit jedem der beiden Endämter als Endamt zu verkehren. Die anderen vorhergenannten Stellungen sind gleichfalls zu schalten. Als Umschalter dienen hier an Stelle der Plattenblitzableiter die Umschalter VI und VIa. Fig. 124.

Stöpselung von Loch 1 giebt Direktstellung, Stöpselung von Loch 2 giebt Durchsprechstellung mit dem rechten Apparat, Stöpselung von Loch 3 Durchsprechstellung mit dem linken Apparat, Stöpselung von Loch 4 giebt Trennstellung. — (Ausgleichswiderstände).

Zwischenamt mit drei Leitungen und zwei Apparaten.

Zwei beliebige Leitungen sind zirkular verbunden mit dem linken Apparat, mit der dritten Leitung wird allein korrespondirt durch den rechten Apparat. Es wird Umschalter VII benutzt. Fig. 125.

Stöpsel 1, 5 und 6: L_1 ist auf rechten Apparat geschaltet,
" 2, 3 " 7: L_2 " " " " "
" 3, 4 " 5: L_3 " " " " "

Dadurch, daß a und b mit der Mittelschiene der Taste verbunden sind, kann durch den linken Apparat gleichzeitig nach den mit ihm verbundenen Endämtern telegraphirt werden.

Zwischenamt mit drei Leitungen und drei Apparaten.

Schließt man an die Leitungen a (Fig. 126) und b einen Umschalter VIa an, so kann man von da aus zwei Apparatsysteme so schalten wie in Fig. 124 für Trennstellung. Man ist dadurch in den Stand gesetzt, mit jeder der drei Leitungen durch die drei Apparate einzeln zu verkehren.

Uebertragung.

Das Telegraphiren mit einem Leitungskreis ist wegen des Leitungswiderstandes an gewisse Grenzen gebunden. Man muß deshalb zwischen zwei sehr entfernten Stellen Zwischenstationen errichten, an denen die Telegramme von der einen Seite her aufgenommen und nach der anderen Seite hin weitergeschickt werden. Diese Arbeit des Umtelegraphirens übernimmt selbstthätig, wie schon früher gesagt, das Relais. Denkt man sich in Fig. 121 den Schreibapparat weit entfernt von Relais und Batterie und die eine Leitung durch die Erde ersetzt, so hat man die einseitige Uebertragung. Fig. 127.

Damit die Uebertragung von beiden Seiten her möglich wird, verwendet man zwei Relais. Der Ruhekontakt des einen ist mit dem einen Ende der Elektromagnetwickelung des anderen verbunden. Fig. 128. Wird der Anker des Elektromagneten angezogen, sodaß sich der Hebel an den unteren Kontakt legt, so geht ein Strom aus der Uebertragungsbatterie über den Körper des anderen Relais nach der weiter entfernten Station.

Nimmt man statt der beiden Relais zwei Schreibapparate, so kann man mittelst zweier Umschalter IV das Uebertragungsamt auch als Endamt für jede der beiden Leitungen schalten, und man hat außerdem noch den Vortheil, während des Uebertragens mitlesen zu können. Fig. 129.

Setzt man in einem Zwischenamt mit drei Leitungen und drei Apparaten (Fig. 126) die beiden Leitungen a und b nicht an den Umschalter VIa, sondern wie in Fig. 129 an zwei getrennte Umschalter IV, so kann man zwei Leitungen durch Uebertragung miteinander verbinden durch Stöpselung der Löcher 2. Die dritte Leitung wird wieder auf den dritten Apparat geschaltet. Die Trennung der Linien geschieht durch Stöpselung der Löcher 1.

Vollständige Telegraphenapparate.

Von den zu einem vollständigen Telegraphenapparat gehörenden Einzeltheilen: Farbschreiber, Taste, Relais, Galvanoskop, Blitzableiter und Umschalter, pflegt man die für bestimmte Zwecke nothwendigen Theile gemeinsam auf eine Grundplatte zu montiren, die dauernden Verbindungen unter ihnen herzustellen und diejenigen Punkte, welche nach außen hin leitend weiter zu verbinden sind, zu neben einander liegenden Anschlußklemmen zu führen, sodaß die Aufstellung eines solchen Telegraphensystems schnell, sicher und übersichtlich vor sich gehen kann. Fig. 130.

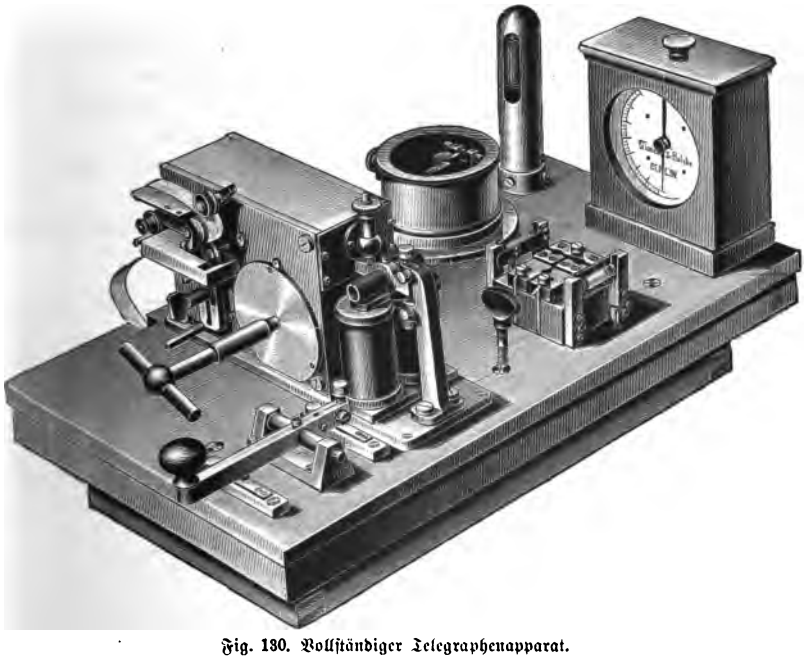


Fig. 130. Vollständiger Telegraphenapparat.

Für militärische Zwecke kommen hauptsächlich zwei solcher Anordnungen zur Verwendung, der leichte Feldtelegraphenapparat und der Feldtelegraphen

apparat, von denen der erste gut transportabel und für einfache Schaltungen eingerichtet ist, der letzte mehr für stationäre Aufstellung und auch für komplizirtere Verbindungen bestimmt ist.

Der leichte Feldtelegraphenapparat.

Der leichte Feldtelegraphenapparat besitzt Farbschreiber, Taste und Galvanoskop; er hat drei Anschlußklemmen, von denen die eine (L) zum Anschluß für die Leitung, die zweite (K) für den Kupferpol der Batterie, die dritte (Z L_2) für den Zinkpol der Batterie und gleichzeitig für Erdverbindung oder Weiterleitung dient, je nachdem eine End- oder Zwischenstation eingerichtet werden soll. Fig. 131.

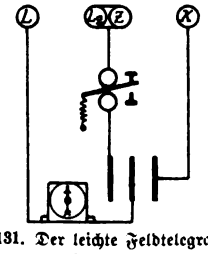


Fig. 131. Der leichte Feldtelegraphenapparat. Innere Schaltung.

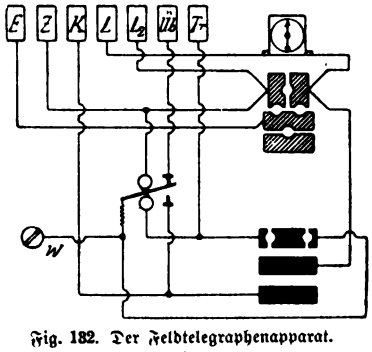


Fig. 132. Der Feldtelegraphenapparat. Innere Schaltung.

Der Feldtelegraphenapparat.

Der Feldtelegraphenapparat hat außer Farbschreiber mit Weckeranschlußklemme, Galvanoskop und Taste mit untertheilter Ruheschiene noch einen Umschalter VI, zur Herstellung von Direkt-, Zirkular- und Endstellung. Er besitzt 7 Anschlußklemmen, welche der Reihe nach mit E, Z, K, L, L_2, Üb, Tr. bezeichnet sind. Die erste dient zum Erdanschluß, die zwei letzten für Schaltung auf Uebertragung. Fig. 132.

Die vielseitige Verwendung und die verschiedenen Schaltungen ergeben sich aus den Figuren 133 bis 136.

Schaltungen und Stromlaufskizzen für Verbindung von Telegraphenämtern.

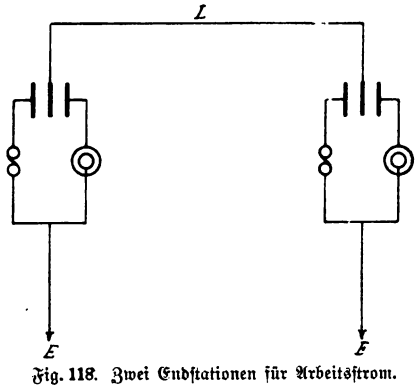


Fig. 118. Zwei Endstationen für Arbeitsstrom.

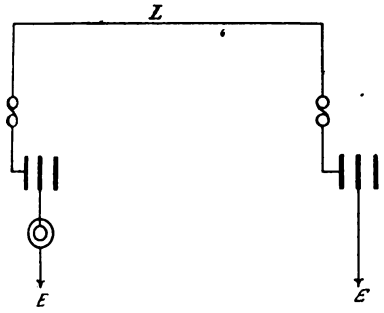


Fig. 119. Zwei Endstationen für Ruhestrom. Gemeinsame Batterie.

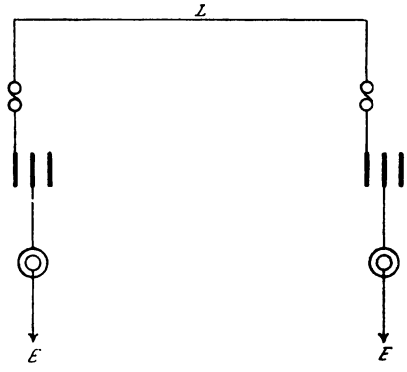


Fig. 120. Zwei Endstationen für Ruhestrom. Vertheilte Batterie.

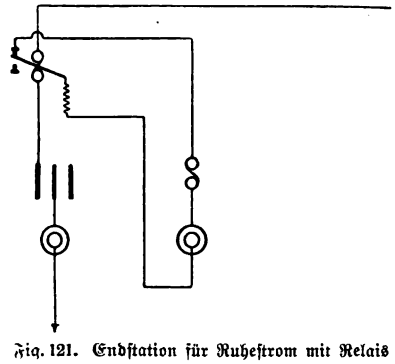


Fig. 121. Endstation für Ruhestrom mit Relais und Ortsbatterie.

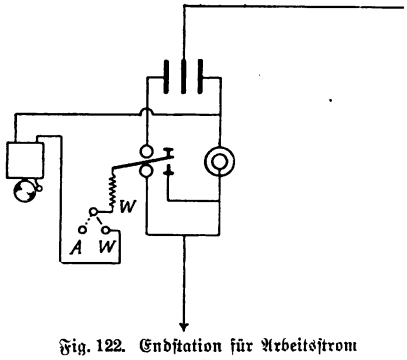


Fig. 122. Endstation für Arbeitsstrom mit Wecker.

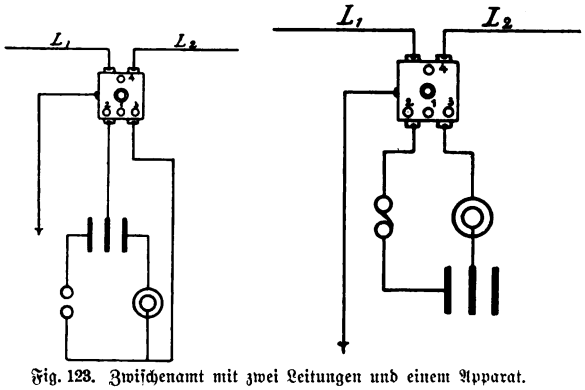


Fig. 123. Zwischenamt mit zwei Leitungen und einem Apparat.
Arbeitsstrom. Ruhestrom.

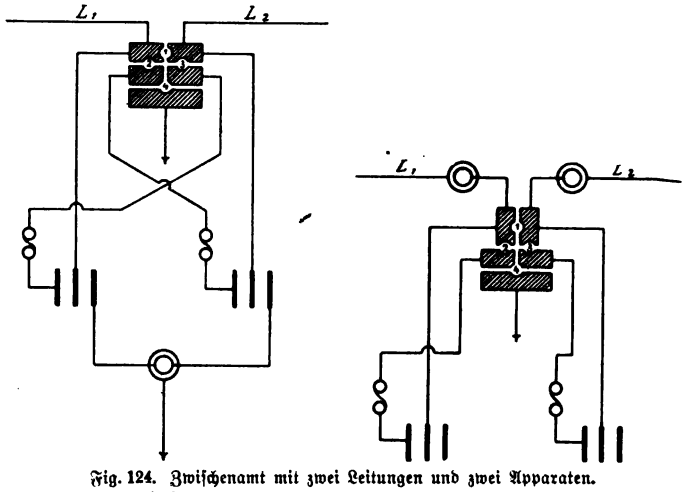


Fig. 124. Zwischenamt mit zwei Leitungen und zwei Apparaten.
Arbeitsstrom. Ruhestrom.

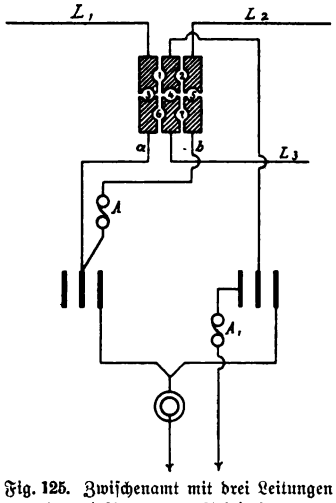


Fig. 125. Zwischenamt mit drei Leitungen und zwei Apparaten. Arbeitsstrom.

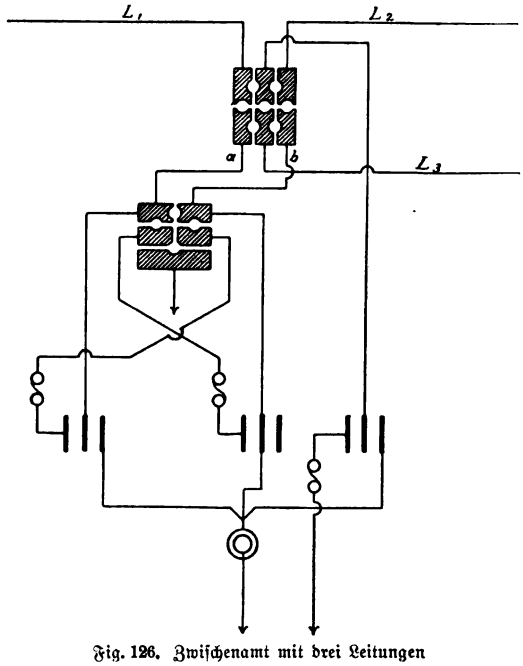


Fig. 126. Zwischenamt mit drei Leitungen und drei Apparaten. Arbeitsstrom.

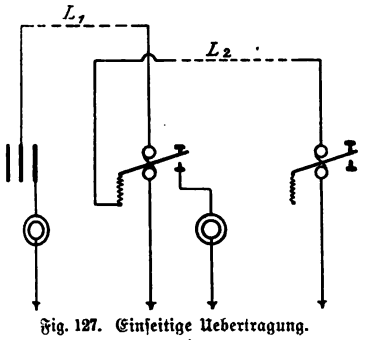


Fig. 127. Einseitige Uebertragung. 1 Relais.

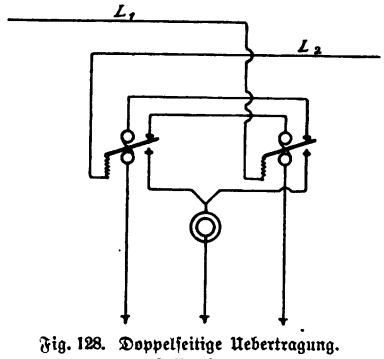


Fig. 128. Doppelseitige Uebertragung. 2 Relais.

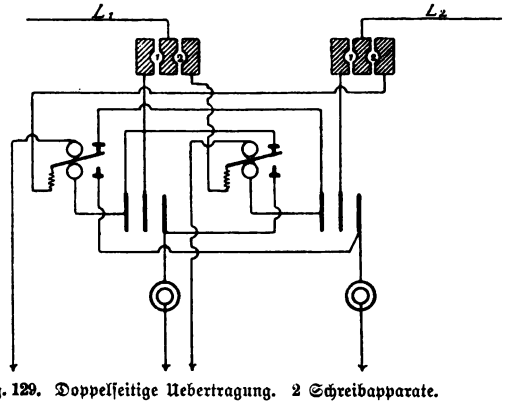


Fig. 129. Doppelseitige Uebertragung. 2 Schreibapparate.

Fig. 130, 131 und 132 sind in den Text Seite 61 und 62 eingedruckt.

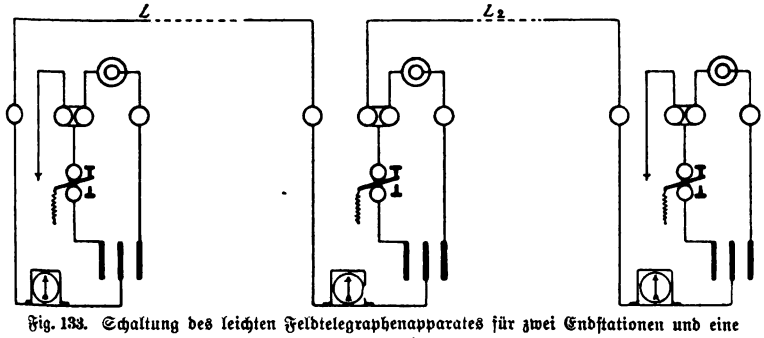


Fig. 133. Schaltung des leichten Feldtelegraphenapparates für zwei Endstationen und eine Zwischenstation.

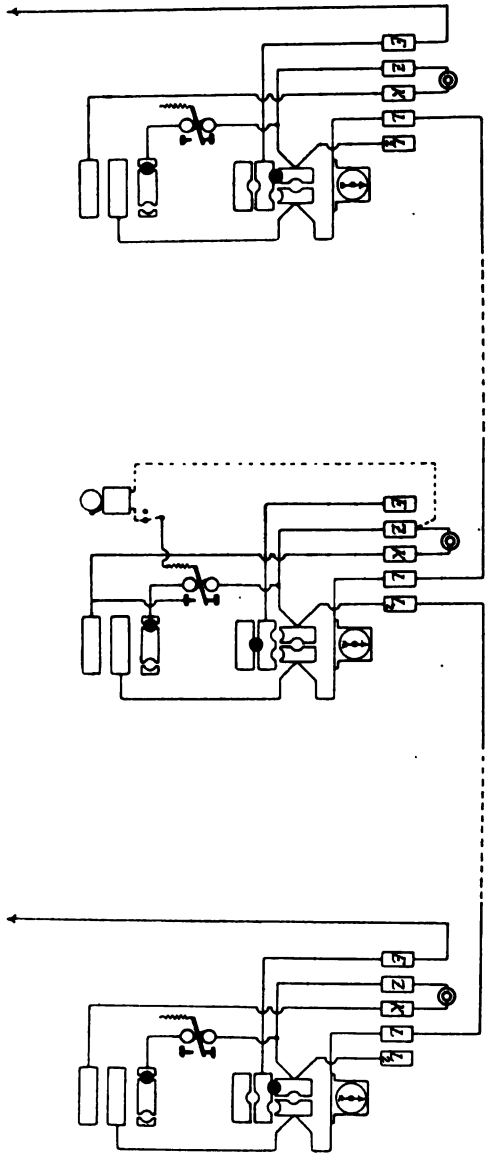


Fig. 134. Schaltung des Feldtelegraphenapparates für zwei Endstationen und eine Zwischenstation (letztere mit Wecker).

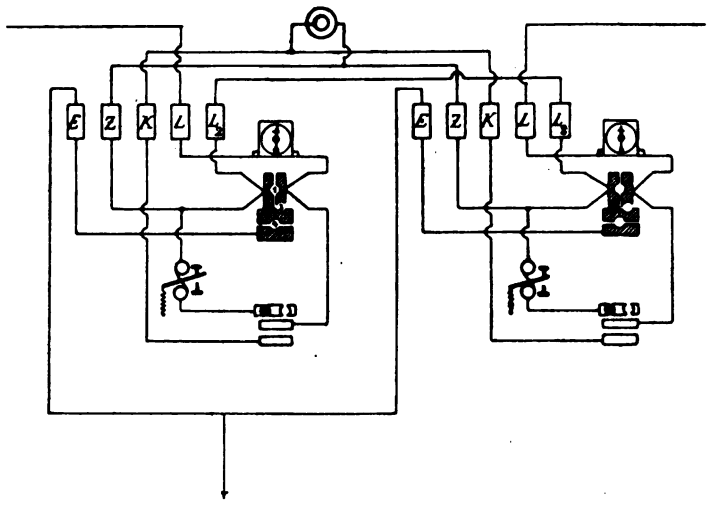


Fig. 135. Schaltung für eine Zwischenstation mit zwei Feldtelegraphenapparaten.
(Loch 2 gestöpselt auf Trennstellung.)

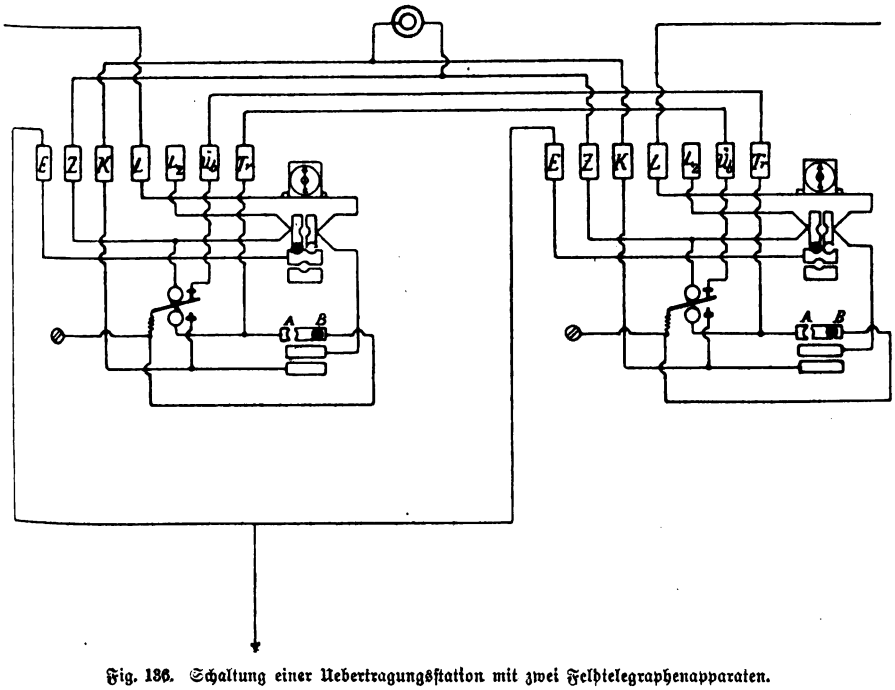


Fig. 136. Schaltung einer Uebertragungsstation mit zwei Feldtelegraphenapparaten.

4. Behandlung der Schreibapparate.

Einstellen der Schreibapparate.

Soll der Schreibapparat gut funktioniren, so muß er richtig eingestellt sein. Welches von den möglichen Mitteln der Einstellung (Heben und Senken der Elektromagnetkerne, Anspannen oder Nachlassen der Abreißfeder, Veränderung der Stellung der Anschlagschrauben) anzuwenden ist, kann durch ruhige Ueberlegung leicht gefunden werden, alles planlose Reguliren, namentlich das Verstellen der Anschlagschrauben ist zu vermeiden.

Im Allgemeinen verfährt man folgendermaßen: Man schraubt die Elektromagnete so hoch als möglich, dann stellt man die untere Kontaktschraube so ein, daß der herabgedrückte Anker die Magnetkerne nicht berühren kann, sondern noch um die Dicke eines Papierblattes davon absteht. Die Bewegung des Hebels ist darauf in der Weise zu begrenzen, daß die obere Kontaktschraube von der oberen Hebelfläche des herabgedrückten Ankerhebels etwa 1 mm entfernt ist. Nun ist noch das Verhältniß der anziehenden Kraft des Elektromagneten und der abreißenden Kraft der Feder so einzustellen, daß der Anker bei Stromunterbrechung von der Feder sicher hochgehoben, bei Stromschluß vom Anker sicher nach unten gezogen wird, wobei die Feder zu Anfang nicht mehr als halb gespannt werden darf. Je nachdem der Apparat bei Arbeitsstrom oder bei Ruhestrom arbeiten soll, ist durch Stellen an der Regulirschraube der Schreibhebel als zweiarmiger oder vierarmiger (gebrochener) Hebel einzustellen (Bild des Hebels in beiden Stellungen, siehe Seite 56). Bei ungenügender, unzusammenhängender oder verlaufender Schrift ist zunächst durch Reguliren der Federspannung Abhülfe zu suchen, nur wenn diese bereits über die Hälfte angespannt ist, und die Entfernung des angezogenen Ankers von den Elektromagnetkernen kleiner als 1 mm ist, kann man mit dem Senken der Kerne beginnen.

Das Abnehmen der Federtrommel.

Wenn das Abnehmen der Federtrommel einmal erforderlich wird, so ist zunächst die Aufziehfeder abzuspannen. Dann wird die Schraubenmutter von der Federachse auf den Schraubenstift in der Innenseite des Holzgriffes gedreht. Darauf wird der Holzgriff ein wenig nach rechts gedreht, damit man den Zahn der Sperrklinke mit Hülfe eines Drahtendes oder Bleistiftes aus dem Sperrrad drücken kann. Ist dies geschehen, so dreht man den Griff nach links, wodurch die Kuppelung von der hohlen Federachse mit der Laufradachse gelöst wird, und nun kann man durch Zug nach vorn die Trommel leicht abstreifen.

Reinigen und Schmieren der Apparate.

Staub wird durch Pinsel oder Lederlappen entfernt.

Die Kontakte an Taste und Hebel sind blank zu halten, indem man zwischen die Kontakte ein Stückchen Papier schiebt und sie dann zusammendrückt, oder indem man bei sehr unreinen Kontakten die Kontaktflächen metallisch blank reibt.

Die Farbe darf nicht zu dickflüssig sein, sie muß öfter umgerührt und mit frischer dünnflüssiger Farbe versetzt werden. Ist die Farbe durch Ein-

dringen von Staub zu sehr verunreinigt, so ist der Farbkasten gründlich mit Petroleum zu reinigen.

Zu schmieren sind nur die Achsenlager und die Windfangschraube und zwar mit Uhrenöl in ganz geringen Mengen.

Wenn die Apparate nicht gebraucht werden, so sind sie mit einem Schutzkasten zu überdecken.

Als Werkzeug sollen vorhanden sein:

2 Pinsel (hart und weich),
2 Bohrer,
3 Schraubenzieher,
1 Dreikantfeile,
1 Spitzzange,
1 Flachzange,
1 Beißzange,
1 Schaber zum Reinigen der Elemente,
Lederlappen und Wischtücher.

5. Die Telegraphenleitungen.

Man versteht in der Regel unter der Telegraphenleitung die Verbindung zweier oder mehrerer Telegraphenstationen bis zu den Apparaten.

Man unterscheidet an derselben folgende Theile:

die Erdleitung,
die Außenleitung,
die Einführung,
die Innenleitung.

Die Erdleitung.

Bei der Benutzung der Erde als Rückleitung bietet sich der Vortheil, daß dieselbe nur einen verschwindend kleinen Widerstand hat; besondere Aufmerksamkeit ist aber denjenigen Punkten zu schenken, wo die metallische Außenleitung über Erde in die Erdleitung übergeht. Damit hier nicht schädliche, große Uebergangswiderstände auftreten, muß man die Außenleitung mit möglichst vielen Punkten oder mit möglichst großer Oberfläche mit der Erde in Verbindung bringen. Dies geschieht meist dadurch, daß man die Leitung an die Gas- oder Wasserleitung mit ihrem verzweigten Netz anschließt. Wo dies nicht möglich ist, sucht man Grundwasser zu erreichen, in das man 1 bis 2 qm große Metallplatten (Erdplatten) legt, von denen ein Draht zum Anschluß der Leitung an die Oberfläche führt.

In wasserarmer oder felsiger Gegend pflegt man die Platte oder auch ein Drahtgeflecht, oder ein in mehreren Windungen ausgebreitetes Leitungsseil in eine mit Koksgrus angefüllte Grube fest einzubetten.

Die Außenleitung.

Die Außenleitung wird entweder frei und blank an Stangen und Trägern durch die Luft geführt (oberirdische Leitung, Freileitung oder Luft-

leitung), oder sie wird gut isolirt in die Erde gelegt (unterirdische Leitung, Kabelleitung).

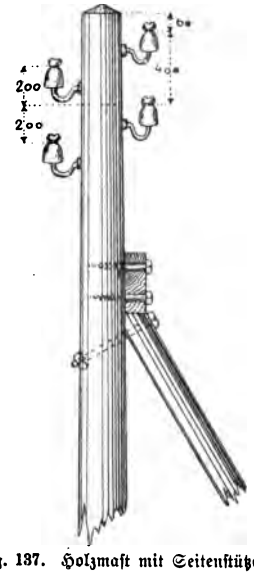


Fig. 137. Holzmast mit Seitenstütze.

Die Luftleitung. Der Leitungsdraht ist verzinkter oder in Oel gesottener Eisendraht von 3 bis 5 mm Durchmesser, oder auch Draht von 1 bis 2 mm Durchmesser aus Siliciumbronze, die ähnlich gute Leitungsfähigkeit wie Kupfer, aber eine bedeutend größere Zugfestigkeit besitzt. Als Träger der Leitung dienen Stangen aus Kiefern- oder Lärchenholz, 6 bis 11 m hoch (zuweilen auch eiserne Masten). Die Stangen werden imprägnirt mit Theeröl, Zinkchlorid oder Kupfervitriol und werden dadurch widerstandsfähig gegen Fäulniß gemacht, so daß sie 12 bis 20 Jahre ausdauern. Das Zopfende wird entweder abgeschrägt oder mit Oelfarbe gestrichen, oder mit einer Blechkappe bedeckt. (Trägermaste, Gittermaste für größere Anzahl von Leitungen.) Fig. 137 bis 139.

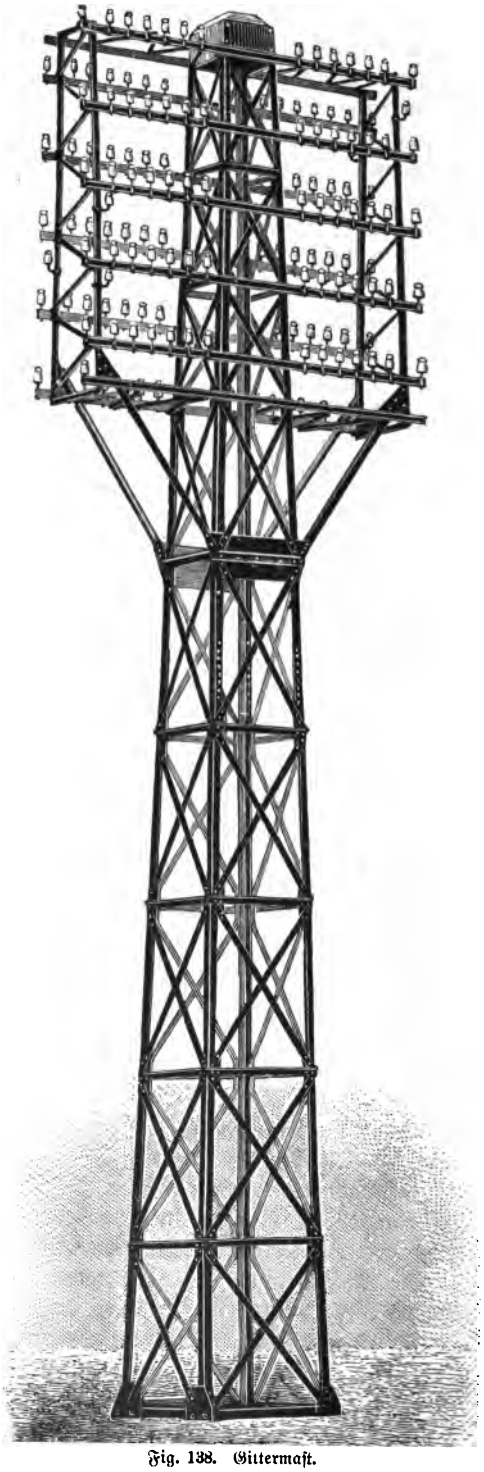


Fig. 138. Gittermast.

Wo Stangen nicht aufstellbar sind, z. B. an Felswänden, Mauern, Gebäuden und Brücken, werden eiserne Mauerbügel angebracht.

Die Drähte dürfen aber nicht direkt an den Masten und Bügeln befestigt werden, weil sonst, namentlich bei nasser Witterung, Stromabzweigungen zur Erde stattfinden; sie müssen ihrer ganzen Länge nach isolirt sein. Da Luft an und für sich schlecht leitet, so kommen nur die Befestigungspunkte in Betracht, die aus Porzellanplatten (Isolatoren) bestehen, welche auf eiserne Träger und Stützen aufgekittet werden (Hanf und Mennige). Der Draht wird entweder in die obere Rinne gelegt oder am Halse mit Bindedraht festgebunden, oder durch die Oeffnung im Kopfe durchgesteckt. Fig. 140.

Bei der Herstellung von Verbindungsstellen (Löthstellen) sind die Enden beider Drähte rein und metallisch blank zu machen. Sie werden mit Würgebund oder Wickelbund zusammengefügt und der Bund wird gut verlöthet.

Außer auf Leitungsfähigkeit und Isolation ist noch auf folgende Punkte bei einer Luftleitung zu achten.

Der Draht soll straff gespannt sein, damit er Nachbardrähte nicht berühren kann. (Es ist dabei jedoch auf die Temperaturunterschiede Rücksicht zu nehmen.)

Die Drähte sollen so hoch über dem Boden geführt werden, daß sie nicht leicht böswillig oder unabsichtlich zerstört werden.

Die Stützen sollen gerade stehen und im Boden gut verankert sein.

Scharfe Winkel sind möglichst zu vermeiden.

Zur Verwendung kommen entweder Kabel mit Guttaperchaisolirung oder mit Faserstoffisolirung und Bleimantel. Zum Schutze gegen mechanische Verletzungen erhalten die Kabel eine Bewehrung (Armatur) von Eisendraht oder Eisenband. Als elastische Zwischenglieder oder Deckschichten sind asphaltirte oder sonst präparirte Juteumspinnungen um das Kabel oder um die einzelnen Leitungsdrähte gelegt. Fig. 141 bis 144.

Die einzelnen Enden der Kabel werden mit einander in sogenannten Löthmuffen verbunden.

Fig. 139. Trägermast.

Die Kabelleitungen.

Beim Verlegen in die Erde werden Guttaperchakabel etwa 1 m tief, Faserstoffkabel 50 bis 60 cm tief verlegt. Sie werden auch durch Tunnel und Röhren gezogen und auf den Grund von Flüssen und Meeren versenkt. An den Stellen, wo Freileitungen in Kabel übergehen, müssen zum Schutze der letzteren Blitzableiter angebracht werden.

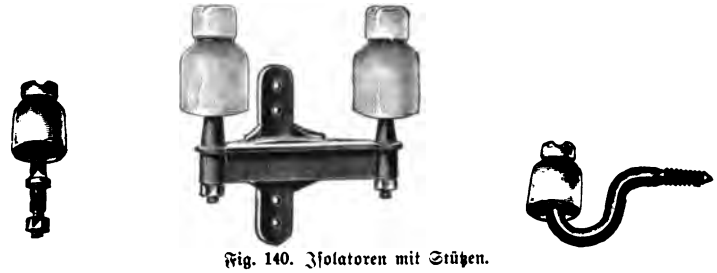
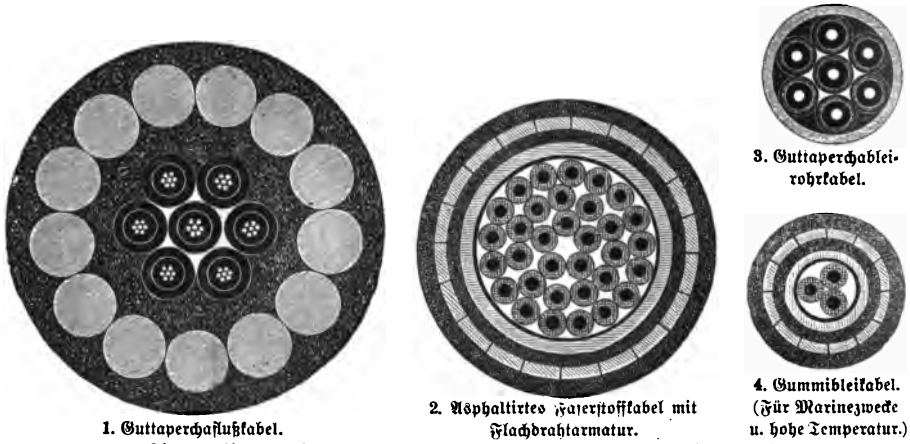


Fig. 140. Isolatoren mit Stützen.



1. Guttaperchaflußkabel. 2. Asphaltirtes Faserstoffkabel mit Flachdrahtarmatur. 3. Guttaperchableirohrkabel. 4. Gummibleikabel. (Für Marinezwecke u. hohe Temperatur.)

Fig. 141 bis 144. Telegraphenkabel (Fernsprechkabel für geringe Entfernungen).

Die Einführung.

Unter Einführung versteht man die Verbindung zwischen der Außenleitung und der Innenleitung. Man benutzt zur Durchführung durch Mauern meist mit Gummi isolirte Leitungen, die noch mit einer Guttaperchaschicht umgeben sind. Diese ist wieder zum Schutze gegen die Sonne mit imprägnirter Pflanzenfaserschicht überzogen.

Man führt die Drähte gewöhnlich nicht direkt durch die Mauern, sondern durch eingesetzte Einführungsrohre und Trichter von Porzellan oder Ebonit, in welche die Drähte von unten herauf führen sollen. Fig. 145.

Die Innenleitung. (Büreauleitung.)

Für die Leitungsführung in abgeschlossenen trockenen Räumen benutzt man den sogenannten Wachsdraht d. i. Kupferdraht mit Baumwolle umsponnen und in Wachs oder Paraffin getränkt. Man legt diesen Draht nicht

direkt an die Wände, sondern führt ihn in gewissem Abstande auf Porzellanrollen bis an die Anschlußklemmen der Apparate.

In feuchten Räumen wendet man jedoch Bleirohrkabel an, deren Kupferader mit Guttapercha umpreßt und darüber mit getheertem Hanf oder Jutegarn umsponnen ist.

Fig. 145. Wanddurchführungen.

Kreuzungen der Drähte sind möglichst zu vermeiden; wo sie sich nicht umgehen lassen, dürfen sich die Drähte nicht berühren. (Gilt auch für Apparattische.)

Eine übersichtliche und gefällige Anordnung der Drähte soll stets angestrebt werden. Die Orientirung und Untersuchung erleichtert es sehr, wenn man innerhalb der geschlossenen Räume für die verschiedenen Linien Drähte verschiedener Farbe nimmt und auch wohl Täfelchen mit Bezeichnung des Zwecks der Leitung anbringt.

6. Störungen im Telegraphenbetriebe.

Die Störungen können entweder in den Leitungen oder in den Apparaten liegen. Sie haben ihren Grund in Unterbrechung oder Berührung von Leitungen oder in Ableitungen zur Erde. In einer Arbeitsstromleitung zeigt das Galvanoskop beim Niederdrücken der Taste bei Unterbrechung gar keinen Ausschlag, bei Nebenschließungen einen ungewöhnlich großen Ausschlag.

Die Störungen im Zimmer liegen entweder in der Batterie oder in den Apparaten oder in den Verbindungsdrähten.

Von dem Zustande der Batterie überzeugt man sich durch ein Galvanoskop oder durch einen Spannungsmesser, die man entweder an die ganze Batterie oder bei sehr vielen Elementen an einzelne Theile der Batterie anlegt, indem man die Untersuchung durch Theilung so lange fortsetzt, bis das schadhafte Element gefunden ist.

Bei Untersuchung der Innenleitung nehme man stets ein Stromlaufschema zur Hand und schalte in bestimmter Reihenfolge einen Apparat nach dem anderen ein und aus.

Störende Ursachen in den Ausschaltern, im Umschalter und in der Taste sind schlechte Kontakte (Unreinigkeiten in den Achslagern, Oxydschichten).

In den Elektromagnetwindungen können Isolationsfehler auftreten durch mechanische Verletzungen oder durch Blitzschlag. Die Elektromagnete können zu starken remanenten Magnetismus haben.

Unempfindlichkeit der Nadel des Galvanoskops beseitigt man durch Streichen derselben mit einem Magnet.

Im Plattenblitzableiter können die Reifeln der Deckplatte mit denen der Leitungsplatte verschmolzen sein. Die zusammengeschmolzenen Metalltheile werden mit einem Messer entfernt. Fehlerhafte Blitzableiter sind sofort

auszuschalten, indem man die Zuleitungsdrähte abnimmt und passend direkt miteinander verbindet.

Alle möglichen Störungsursachen lassen sich natürlich im Voraus nicht angeben, ihre Auffindung muß der Umsicht der mit der Anlage vertrauten Personen überlassen bleiben.

7. Fehlerbestimmung in der Leitung.

Theilstrecken-untersuchung.

Fehler in der Leitung können ähnlich wie die in einer Batterie durch Untertheilung der Leitung gefunden werden, indem man systematisch die einzelnen Theilstrecken untersucht.

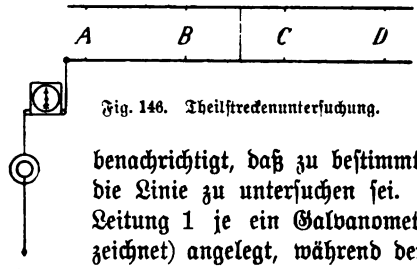


Fig. 146. Theilstreckenuntersuchung.

Es sei beispielsweise von Station A (Fig. 146) bemerkt worden, daß die Leitungen 1 und 2 irgendwo Berührung haben müssen.

Es werden die Aemter B, C und D benachrichtigt, daß zu bestimmter Zeit auf Leitung 1 (untere Leitung) die Linie zu untersuchen sei. Es werden alsdann in A und D an Leitung 1 je ein Galvanometer und eine Batterie (nur für A gezeichnet) angelegt, während der Reihe nach die Leitung in B und C isolirt wird. Wenn der Fehler zwischen B und C liegt, so erhält A keinen Ausschlag, wenn in B isolirt wird, und D keinen Ausschlag, wenn in C isolirt wird.

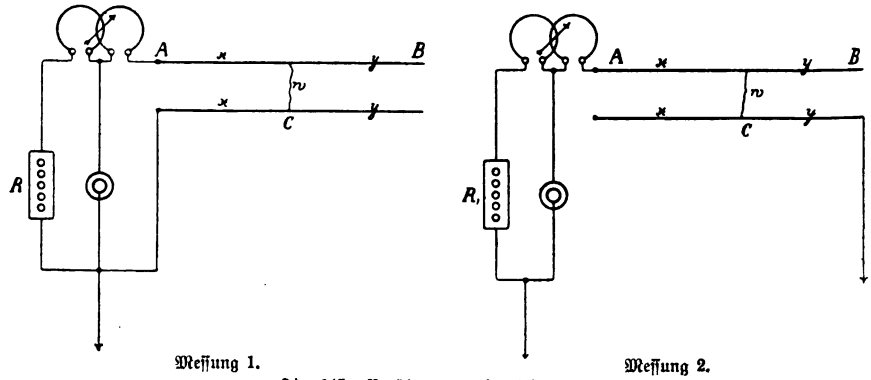


Fig. 147. Berührung zweier Leitungen.

Wenn die Leitung zwischen A und D gerissen ist, so müssen die Zwischenstationen der Reihe nach Erdverbindungen herstellen. Liegt die Unterbrechung zwischen A und B, so giebt bei Erdverbindung von B das Galvanometer in A keinen Ausschlag bei Tastendruck, während in D die Nadel stark abgelenkt wird.

Fehlerbestimmung durch Messung.

Aufgabe: Zwei Leitungen L_1 und L_2 haben zwischen den Stationen A und B Berührung miteinander. Es soll die Entfernung der Berührungsstelle C von A und B bestimmt werden.

Hierzu sind zwei Messungen mit Hülfe eines Differentialgalvanometers und eines Rheostaten erforderlich und ausreichend. Berührung zweier Leitungen.

Es sei x der Widerstand einer Leitung von A bis C, y der Widerstand derselben Leitung von C bis B. Der Uebergangswiderstand an der Berührungsstelle sei W.

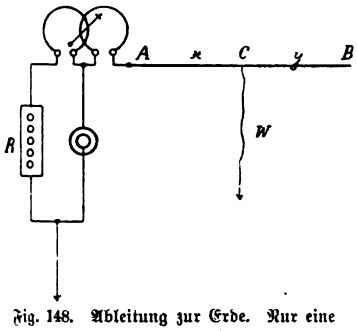


Fig. 148. Ableitung zur Erde. Nur eine Leitung vorhanden.

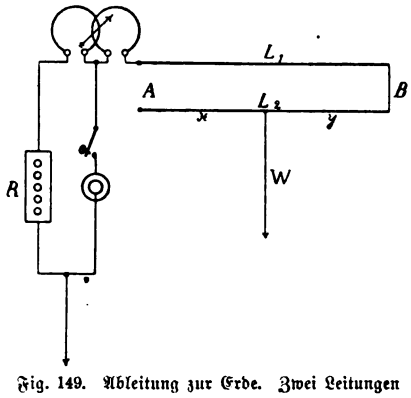


Fig. 149. Ableitung zur Erde. Zwei Leitungen vorhanden.

1. Die Leitungen werden in B isolirt, in A wird eine Leitung an Erde, die zweite an das Differentialgalvanometer gelegt. Die Mittelklemme und die andere Seitenklemme des Instrumentes werden nach dem Schema der Fig. 147 mit Batterie und Rheostat verbunden, deren freie Enden gleichfalls an Erde führen.

Der Rheostat wird so eingestellt, daß bei Stromschluß der Ausschlag Null bleibt, alsdann ist

$$\text{I)} \qquad R = 2x + W.$$

2. Die Leitung 1 wird in A isolirt und in B an Erde gelegt, und der Rheostat wieder so eingestellt, daß kein Ausschlag der Nadel erfolgt; dann ist

$$\text{II)} \qquad R_1 = x + y + W = L + W.$$

Da der ganze Widerstand L einer Leitung bekannt ist und die Gleichung gilt:

$$\text{III)} \qquad x + y = L.$$

Subtrahirt man II) von I), so wird

$$R - R_1 = 2x - L,$$

$$\text{oder } x = \frac{L + R - R_1}{2}$$

Hieraus wird x bestimmt. Durch Einsetzen des gefundenen Werthes in III) wird auch y gefunden.

Aus den ermittelten Widerständen läßt sich auf die Entfernung der Fehlerstelle schließen, da die Widerstände den Längen proportional sind, und L, die Gesammtlänge der Leitung, bekannt ist.

Es ist nämlich:

$$\frac{x}{L} = \frac{A\,C}{A\,B} \text{ oder } A\,C = A\,B\,\frac{x}{L} \text{ Meter.}$$

Ableitung zur Erde.

Aufgabe: Eine Leitung zwischen A und B hat Ableitung zur Erde; es ist keine zweite Leitung vorhanden. Die Entfernung der fehlerhaften Stelle von A und B ist zu bestimmen.

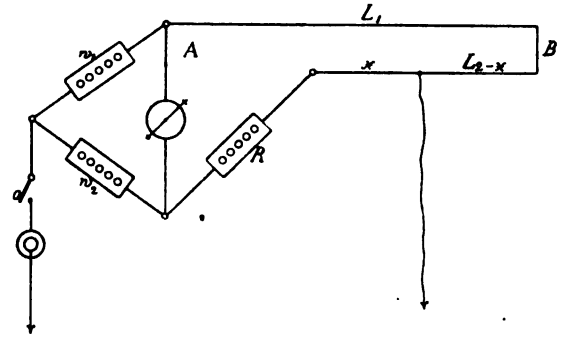


Fig. 150. Ableitung zur Erde. Zwei Leitungen vorhanden. Brückenmessung.

Die Lösung ist ähnlich wie die der vorhergehenden Aufgabe, es muß jedoch die eine Messung in A gemacht werden, während B isolirt; die zweite Messung in B, während A isolirt.

Wenn noch eine zweite nicht fehlerhafte Leitung vorhanden ist, so lassen sich auch beide Messungen von A aus machen, indem bei der zweiten Messung die fehlerfreie Leitung an das Differentialgalvanometer in A gelegt wird und in B beide Leitungen mit einander direkt verbunden werden. Die Formeln lauten dann:

I) $R = x + W.$

II) $R_1 = L_1 + y + W.$

III) $x + y = L_2.$

I + II) $R + R = L_1 + L_2 + 2W.$

2. I) $2R - 2x = 2W,$

eingesetzt in I + II)

$$R + R_1 = L_1 + L_2 + 2R - 2x.$$

Daraus ergiebt sich

$$x = \frac{L_1 + L_2 + R - R_1}{2}$$

Die vorstehende Aufgabe läßt sich auch mit der Wheatstoneschen Brücke folgendermaßen bestimmen:

Man macht in Fig. 150 $W_1 = W_2$ und stellt R so ein, daß das Galvanometer beim Schließen der Batterie keinen Ausschlag zeigt, dann ist

$$R + x = L_1 + L_2 - x$$

$$\text{oder } x = \frac{L_1 + L_2 - R}{2}$$

Die Schaltung ist ähnlich wie beim Aufsuchen einer Nebenschließung nach Erde. Die Zwischenstationen werden direkt miteinander verbunden, die Endstation wird an Erde gelegt. (Der Uebergangswiderstand ist hier zu vernachlässigen, weil gute Erdverbindung gemacht ist.) Fig. 151. Messung des Leitungswiderstandes mit Differentialgalvanometer.

Man stellt den Rheostaten so ein, daß die Nadel beim Stromschluß keinen Ausschlag giebt, dann ist der Leitungswiderstand gleich dem gezogenen Rheostatenwiderstand.

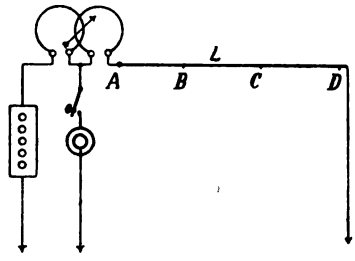


Fig. 151. Messung des Leitungswiderstandes mit Diff. Galv.

Hierzu läßt sich gleichfalls das Differentialgalvanometer anwenden. Die Leitungen auf den Zwischenstationen werden direkt miteinander verbunden, die Leitung wird an der Endstation isolirt. Schlägt bei Stromschluß die Nadel nicht aus, so ist die Leitung gut isolirt, andernfalls zeigt der Nadelausschlag einen Isolationsfehler an. Mißt man von beiden Enden aus, so liegt der Fehler derjenigen Station am nächsten, wo der Ausschlag der Nadel am größten war. Fig. 152. Prüfung des Isolationszustandes einer Leitung mit Differentialgalvanometer.

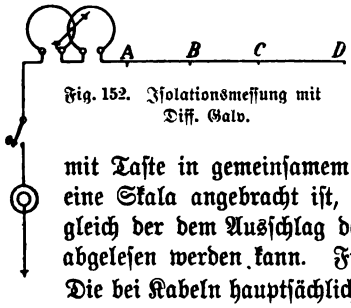


Fig. 152. Isolationsmessung mit Diff. Galv.

Sehr bequem zu handhaben sind die sogenannten Isolationsprüfer, die auch gleich einen angenäherten Werth des Isolationswiderstandes anzeigen. Sie bestehen aus einem Galvanometer, einer Batterie mit Taste in gemeinsamem transportablen Kasten, in dem gleichzeitig eine Skala angebracht ist, an der für verschiedene Empfindlichkeit sogleich der dem Ausschlag der Nadel entsprechende Widerstand in Ohm abgelesen werden kann. Fig. 74, Seite 39. Isolationsprüfer.

Die bei Kabeln hauptsächlich vorkommenden Messungen beziehen sich auf Leitungsfähigkeit, Isolationswiderstand und Ladung. Als Meßinstrument wird in der Regel ein astatisches Spiegelgalvanometer benutzt mit den erforderlichen Nebenapparaten. Fig. 42, Seite 29. Messungen an Kabeln.

Ein nicht verlegtes Kabel kann man auch derart auf Isolation prüfen, daß die Kabelader in ein mit Wasser gefülltes, isolirt aufgestelltes eisernes Gefäß gelegt wird, so daß die Enden herausragen. Verbindet man nun ein Ende der Kabelseele mit dem einen Pole einer Untersuchungsbatterie, deren anderer Pol an die eine Anschlußklemme eines empfindlichen Galvanometers geführt wird, während die zweite Anschlußklemme des Instrumentes mit dem eisernen Gefäß leitend verbunden ist, so wird beim Vorhandensein einer schadhaften Stelle die Nadel ausschlagen. Zieht man das Kabel allmählich aus dem Wasser heraus, so geht die Nadel zurück, sobald die fehlerhafte Stelle aus dem Wasser herauskommt.

8. Telegraphie ohne Draht.

Zuweilen ist es nicht möglich, zwei Stationen durch Leitungsdrähte zu verbinden (z. B. Schiff mit Küste, Ballon mit Ballon, Vorposten mit Truppe).

Doch auch in diesem Falle ist es gelungen, eine telegraphische Verständigung herbeizuführen mit Hülfe von sehr schnellen elektrischen Schwingungen, die

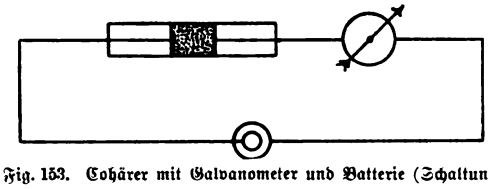


Fig. 153. Cohärer mit Galvanometer und Batterie (Schaltung).

Fig. 154. Geber für Telegraphie ohne Draht.

Fig. 155. Empfangsstation für Telegraphie ohne Draht.

sich von einer Funkenstrecke aus durch die Luft fortpflanzen und an entfernten Stellen ihre Wirkungen ausüben können. Treffen solche Schwingungen auf eine Glasröhre, in welcher zwischen zwei leitenden Platten Metallspäne gelockert sich befinden (Cohärer), so sinkt der in gewöhnlichem Zustande ziemlich hohe Widerstand plötzlich ganz bedeutend. Wird diese Widerstandsröhre nun in einen Stromkreis mit Lokalbatterie und Galvanometer geschaltet, so geben die Ausschläge des Galvanometers an, wenn die Röhre von elektrischen Wellen getroffen wurde. Statt des Galvanometers kann auch ein Relais mit Schreibapparat eingeführt werden. Man hat sich auf diese Weise schon auf 20 bis 30 km hin verständigt, jedoch ist die Methode noch nicht ganz vollkommen, auch leicht Störungen unterworfen und das Telegrammgeheimniß kann nicht gewahrt bleiben. Fig. 153 bis 155.

Abschnitt III.

Die Telephonie oder das Fernsprechen.

1. Geschichtliches.

Als eigentlicher Erfinder des Telephons ist Philipp Reis, ein deutscher Lehrer zu betrachten. Er führte seinen Apparat zuerst im Jahre 1861 der Physikalischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M. vor, fand aber hier wenig Interesse und Unterstützung. Wesentlich vervollkommnet und namentlich auch für Uebertragung von Lauten nach Klangfarbe und Tonfülle geeignet gemacht wurde das Telephon durch Professor Graham Bell aus Boston, der sein neues Telephonsystem 1876 auf der Weltausstellung in Philadelphia vorführte. Das Verdienst, das Fernsprechen auch auf sehr große Entfernungen möglich gemacht zu haben, hat sich der Amerikaner Hughes durch die Einführung des Mikrophons erworben.

Das Telephon hat in kurzer Zeit allgemeine Verwendung gefunden und zwar in gleicher Weise bei den Behörden wie im Privatgebrauch.

2. Das Prinzip des Telephons.

Die Wirkungsweise des Telephons beruht der Hauptsache nach auf der magnetischen Induktion. Wird den Polen eines Magneten ein Eisenstück genähert oder von ihm entfernt, so wird der Magnetismus dadurch in den Magneten stärker oder schwächer. Wenn um den Magneten eine Spirale von isolirtem Kupferdraht gewickelt ist, so wird bei jeder Aenderung des Magnetismus in den Windungen eine elektromotorische Kraft erzeugt, die bei geschlossenem Leitungskreis einen elektrischen Strom erzeugt. Wird dieser Strom wiederum in mehreren Windungen um einen Magneten geführt, so wird dessen Magnetismus dadurch verstärkt und geschwächt und in gleicher Weise wird sich seine anziehende Wirkung auf ein Eisenstück verändern.

3. Konstruktion des Telephons.

Man versieht einen hufeisenförmigen Stahlmagneten mit zwei Polansätzen aus weichem Eisen, über welche zwei kleine Spiralen aus dünnem Kupferdraht geschoben werden. Vor diese Polansätze bringt man in geringem

Abstande eine dünne elastische Eisenplatte an, die am Rande gefaßt ist und in der Mitte frei schwingen kann. Verbindet man die Enden der Wicklung zweier solcher Apparate durch Leitungsdrähte, so hat man dadurch schon eine einfache Telephonstation hergerichtet, weil ein und derselbe Apparat in gleicher Weise als Geber und Empfänger dienen kann. Wird nämlich auf der einen Station gegen die Eisenmembran gesprochen, so geräth dieselbe durch die Stöße der Luftwellen in Schwingungen; dadurch wird der Magnetismus, wie oben beschrieben, verändert und es bildet sich durch Induktion ein Strom, der durch die Verbindungsleitungen in die Spiralen des zweiten Apparates fließt und hier wieder auf den Magneten einwirkt, der seinerseits die vor ihm befindliche Eisenmembran in ebensolche Schwingungen versetzt, wie sie die Membran auf der gebenden Station hatte. Diese Schwingungen werden durch die Luft als Schallwellen auf das Trommelfell des genäherten Ohres übertragen und werden als Töne bemerkbar. Fig. 156 bis 158.

Fig. 156. Aufrecht stehendes Telephon mit Rufstrompete.

Fig. 157. Telephon zum Aufhängen eingerichtet.

Fig. 158. Kopftelephon mit Riemen und zwei Leitungsschnüren mit Verbindungsstöpseln.

4. Das Mikrophon.

Für die Sprachübertragung mittelst solcher einfachen Telephonstation sind nur enge Grenzen gezogen. Macht man die Eisenmembran recht dünn und elastisch, so sind die Eisenmassen so gering, daß sie wenig verändernd auf den Magnetismus einwirken können; macht man sie dagegen dicker, so verliert sie wieder an Beweglichkeit und kann so gleichfalls wenig den Magnetismus verändern. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, ändert man die Geberstation dahin ab, daß man die Stromschwankungen nicht durch mag-

netische Induktion hervorruft, sondern durch Veränderung des Leitungswiderstandes, während der Strom selbst durch eine besondere Batterie erzeugt wird. Diesen Zwischenapparat, welcher durch die Schallwellen seinen Widerstand in weiten Grenzen variirt, nennt man Mikrophon.

Fig. 159.
Walzenmikrophon.

Fig. 160.
Beutelmikrophon.

Fig. 161. Mikrotelephon mit vierfacher Leitungsschnur.

Es besteht aus einer sehr elastischen Metall- oder Holzmembran (braucht also nicht eisern zu sein), der Sprechplatte, an deren Rückseite eine Reihe von Kohlenwalzen in Kohlenlagern (Walzenmikrophon Fig. 159), oder auch ein Seidenbeutelchen mit Kohlengrus (Beutelmikrophon Fig. 160) sich befindet. Durch die Schwingungen der Sprechplatte werden die Kontaktstellen mehr oder weniger innig aneinander gedrückt und so der Uebergangswiderstand verringert oder vergrößert. Um den Mikrophonstromkreis ganz unabhängig von der Verbindungsleitung der Stationen und ihrem Widerstande zu machen, führt man ihn durch die primären Windungen einer Induktionsrolle mit Eisenkern. Es entstehen dadurch schon bei zwei bis drei Elementen bedeutend größere Stromschwankungen, die alsdann auf die sekundäre Wicklung der Induktionsrolle übertragen werden und von da aus in die Leitungen gelangen.

Vielfach sind Mikrophon und Telephon handlich zu einem Apparat für Sprechen und Hören vereinigt. Fig. 161.

Das Einstellen des Mikrophons und des Telephons.

Werden von leise gesprochenen Worten einzelne Laute schlecht oder garnicht vernommen, so sind durch Lockern der Regulirschraube die Kontakte des Mikrophonsystems beweglicher zu machen; werden dagegen Nebengeräusche vernommen (namentlich Nachklingen der Endsilben), so sind durch Anziehen der Regulirschraube die Kohlenkontakte fester aneinander zu legen.

Die Telephone stellt man so am empfindlichsten ein, daß man zuerst die Sprechplatte den Magnetpolen so weit nähert, daß sie sich an die Pole durch den magnetischen Zug anlegt, darauf entfernt man sie wieder vorsichtig so weit, daß sie vom Magnetpol eben wieder losgelassen wird.

5. Nebenapparate.

(Wecker, Taste, Ein- und Ausschalter, Blitzableiter.)

Zum Anrufen der Station, die man zu sprechen wünscht, bedient man sich entweder eines Weckers (vergl. S. 52 u. 53) oder einer RufTrompete oder auch einer Summvorrichtung (Patrouillenapparat). Bei sehr empfindlichen Apparaten bedarf es überhaupt keiner besonderen Anrufvorrichtung, da die Sprache auf der Endstation in nahezu gleicher Stärke wie auf der gebenden Station ertönt. (Lautsprechendes Telephon.)

Bei der meist gebräuchlichen Verwendung von Weckern werden dieselben entweder durch Batterie oder durch Induktor betrieben. Der Schaltung nach haben sie trotz größerer Beanspruchung der Batterie Selbstausschluß der Elektromagnetspulen, weil hierbei ohne gegenseitige Störung mehrere hintereinandergeschaltete Glocken gut funktioniren und die Beeinflussung benachbarter Telephonleitungen durch die Weckerleitung hierbei geringer wird als bei vollständiger Stromunterbrechung.

Die Taste hat hier, wie bei den Telegraphenapparaten, die Rolle eines Umschalters zu übernehmen. Die Konstruktion ist eine andere; von den drei Schienen a, b, c (von links nach rechts gerechnet) entspricht a der Mittelschiene, b der Ruheschiene, c der Telegraphirschiene. Durch Druck auf den Knopf wird eine leitende, fest mit a verbundene Feder von b abgehoben und an c angedrückt. Fig. 162. Telephontaste.

Fig. 162. Wecktaste mit Druckknopf.

Fig. 163. Telephoneinschalter mit Mikrophonkontakt.

(Schienenanordnung $\frac{c\ d\ e}{b\ \ a}$)

Fig. 164. Spindelblitzableiter für Fernsprechgehäuse.

Für gewöhnlich ist eine Telephonstation auf Wecken und Geweckwerden geschaltet, erst beim Beginn der Unterredung wird auf Sprechen geschaltet vermittelst eines zweiten Umschalters, dessen Hebel auf der einen Seite durch das Gewicht des Telephons beim Nichtsprechen beschwert und herabgedrückt wird; dadurch legt sich der andere Hebelarm gegen Schiene b und verbindet Schiene a leitend damit. Vor dem Hören und Sprechen nimmt man den Hörer von dem Haken, alsdann zieht die Feder den rechten Hebelarm nach unten, bis der linke Arm zur Berührung mit c kommt und verbindet so Ein- und Ausschalte-vorrichtung.

Schiene a mit Schiene c und leitet die ankommenden Stromwellen durch die Telephonwicklung.

Gleichzeitig mit diesem Umschalter wird ein Ein- und Ausschalter bethätigt, nämlich die beiden Kontaktstücke d und e mit der mit e festverbundenen Feder, die beim Heruntergehen des Umschalterhebels durch einen Elfenbeinstift gegen e gedrückt wird und den Mikrophonstromkreis schließt, so daß der Apparat für das Hineinsprechen bereit ist. Fig. 163.

Die Fernsprechapparate werden in gleicher Weise wie die Telegraphenapparate gegen Zerstörung durch Gewitterentladungen geschützt durch Blitzableiter, welche zwischen Leitung und Apparat geschaltet werden. Man verwendet in Fernsprechanlagen meist den Spindelblitzableiter, zuweilen in Verbindung mit dem Plattenblitzableiter. Fig. 164. (Vergl. S. 51.)

6. Schaltungen von Apparaten und Stationen.

Allgemeines Stromlaufschema einer Fernsprechstation.

Die Anordnung und Verbindung der zu einer Telephonstation gehörenden Einzeltheile ist aus dem Schema Fig. 165 ersichtlich.

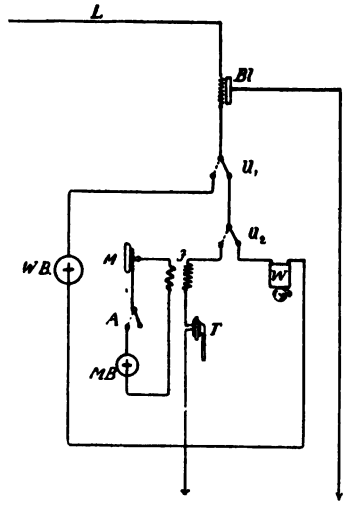


Fig. 165. Allgemeines Stromlaufschema einer Fernsprechstation mit Mikrophon und Batterieweckbetrieb. (Arbeitsstrom.)

Die Leitung L führt über den Blitzableiter Bl nach der Mittelschiene der Taste U_1. Bei Nichtbenutzung liegt der Tastenhebel am rechten Kontakt, der wieder in Verbindung mit dem Mittelkontakt des Umschalters U_2 steht. Vom rechten Kontakt von U_2 führt der Leitungsweg durch einen Wecker zur Erde.

I. Ein Strom in der Leitung L bringt den Wecker zum Tönen, die Schaltung ist also für Geweckt werden eingerichtet.

II. Wird der Hebel von U_1 nach links herübergelegt, so wird statt des Weckers die Batterie W B eingeschaltet, die Station giebt also Strom in die Leitung und ruft die mit ihr verbundene Station an.

III. Wird der Hebel von U_2 nach links gelegt, so wird das Telephon zwischen Leitung und Erde geschaltet und ist dadurch auf Hören eingestellt.

IV. Während der Hebel von U_2 nach links gestellt wird, wird gleichzeitig der Hebel des Einschalters A nach links gerückt. Der Mikrophonstromkreis ist geschlossen über Mikrophon M, Batterie M B und über die primäre Spule der Induktionsrolle J, deren sekundäre Spule zusammen mit dem Telephon in der Leitung liegt. Die Station ist also auch auf Sprechen geschaltet.

Die zu einer Fernsprechstation gehörenden Einzelapparate mit Ausnahme der Batterien werden in der Regel an und in einem verschließbaren Gehäuse angebracht, das entweder aus Holz gefertigt ist, oder auch für Gebrauch in feuchten Räumen aus einem luftdicht abgeschlossenen eisernen Kasten besteht. Fernsprechgehäuse.

Die Mikrophonbatterie wird in einem besonderen Kästchen in der Nähe des Gehäuses untergebracht, die Weckerbatterie wird an passender Stelle in einem Batterieschrank aufgestellt.

Diese Gehäuse sind für stationäre Aufstellung bestimmt und werden an der Wand befestigt, so daß das Mikrophon sich in Mundhöhe befindet. Fig. 166 bis 168. Sehr bequem für Bureaux ist auch die Fernsprech-Tischstation. Fig. 169.

Von besonderer Wichtigkeit für militärische Zwecke sind die transportablen Stationen. Fig. 170. Die Apparate sind in einem am Riemen tragbaren, hölzernen Kasten untergebracht. Die Mikrophonbatterie besteht aus einigen Trockenelementen, die in einem besonderen Kästchen getragen werden und durch eine Doppelleitungsschnur mit Anschlußstöpsel an den Telephonapparat angeschlossen werden können. Hörer und Mikrophon sind in einem Stück zusammengebaut und zur bequemen Handhabung aus dem Kasten herausnehmbar. Der Anruf geschieht mittelst Magnetinduktor durch Drehen an einer Kurbel. Die Verbindungsleitungen von einer Station zur anderen sind auf Kabeltrommeln aufgewickelt, die nach Art eines Tornisters getragen und beim Gehen abgerollt werden können. Die Enden der Gummidoppelleitung auf einer Trommel haben besondere Anschlußstücke, durch welche die Leitungen der Trommeln unter sich und mit den Apparaten schnell und sicher leitend verbunden werden. Fig. 179 bis 181. Transportable Fernsprechstationen.

Der Kavallerie-Patrouillenapparat ist eine komplete, transportable Telephonstation von außerordentlicher Kleinheit; nicht größer als ein gewöhnlicher Hörer mit Mikrophon kombinirt. Fig. 171. Das Mikrophon ist durch Scharnier an dem Griff befestigt und kann beim Transport an denselben angelegt werden, so daß der ganze Apparat in ein Lederfutteral, wie ein Krimstecher gesteckt werden kann. Die Mikrophonbatterie wird in einem besonderen Kästchen mit Anschlußschnur mitgeführt. Die innere Einrichtung mitsammt der Anrufvorrichtung ist in dem Griff untergebracht. Die besondere Konstruktion dieser Anrufvorrichtung gestattet vornehmlich, den Apparat so klein zu gestalten. Es ist weder Wecker noch ein Magnetinduktor vorhanden, sondern ein sogenannter Summer, der mit dem Mikrophoninduktor verbunden ist und durch die Mikrophonbatterie in Thätigkeit gesetzt wird. Der Patrouillenapparat.

An dem Griff des älteren Patrouillenapparates befinden sich zwei Druckknöpfe. Der schwarze Knopf bethätigt einen Einschalter, der die Batterie in den Mikrophonstromkreis einschaltet und den Apparat zum Sprechen bereit macht. Der weiße Knopf steht in Verbindung mit einem Umschalter (Taste), der beim Drücken das Mikrophon ausschaltet und die Batterie über die Summvorrichtung schließt, wodurch der Anruf erfolgt. Fig. 172. Beschreibung des älteren Patrouillenapparates mit Unterbrechersummer.

Die Summvorrichtung besteht aus einem Elektromagneten, vor dessen

Polen ein Anker federnd befestigt ist. So lange kein Strom in den Elektromagnetwindungen fließt, zieht die Blattfeder den Anker gegen einen Kontakt. Durch Anker und Kontakt wird beim Drücken des weißen Knopfes der Batteriekreis über die primäre Wicklung des Induktors geschlossen und der Anker angezogen, gleichzeitig aber tritt Stromunterbrechung ein, so daß der Anker wieder zurückschnellt und nun, so lange der Druck auf den weißen Knopf dauert, abwechselnd den primären Stromkreis des Induktors schließt und unterbricht, genau wie bei einem Wecker mit Selbstunterbrechung. Durch dieses vollständige Unterbrechen des Stromes entstehen natürlich die stärksten möglichen Aenderungen des Magnetismus im Induktorkern, und deshalb werden auch sehr starke Ströme in der sekundären Wicklung erzeugt und nach den Hörern gesandt, deren Membranen dadurch in so kräftige Schwingungen versetzt werden, daß sie einen lauten summenden Ton verursachen.

Für die Reinheit und Stärke des Tones ist es von Wichtigkeit, Elektromagnet und Anker richtig einzustellen. Zu diesem Zwecke dienen die beiden verdeckten Stellschrauben, von denen die eine den Elektromagneten vor- und zurückschiebt, die andere den Kontakt zwischen Kontaktschraube und Anker regulirt. Man soll möglichst mit der Regulirung an der letzteren auszukommen suchen, nachdem der Elektromagnet einmal richtig eingestellt ist.

Im Innern des Griffes befindet sich noch ein kleiner Kondensator. Er ist parallel zur Unterbrechungsstelle geschaltet und soll beim Unterbrechen des Stromkreises das Entstehen starker Funken durch den Extrastrom verhindern.

Mikrophonsummer.

An neueren Konstruktionen der Summvorrichtung ist die Unterbrechung vermieden durch eine sinnreiche Anordnung am Mikrophon selbst und durch Einführung eines besonderen Stromkreises mit einer dritten Wickelung auf der Induktionsspule. Die Einstellung dieses Apparates ist noch einfacher als die des eben beschriebenen. Fig. 173.

Telephon für laute Sprachübermittelung.

Durch Anwendung kräftiger Telephonmagnete und passender Mikrophonkonstruktionen, die sowohl den Durchgang eines verhältnißmäßig starken Stromes gestatten, als auch große Widerstandsänderungen und Stromschwankungen bewirken, ist es möglich, Telephonapparate derart empfindlich zu bauen, daß sie die Laute in angenähert gleicher Stärke, wie sie gesprochen wurden, auf der entfernten Station wiedergeben, und daß auch in einer Entfernung von mehreren Metern vom Schalltrichter deutlich das Gesprochene gehört werden kann. Diese Telephone, die sowohl stationär als auch transportabel verwendet werden können, sind besonders für militärische Zwecke geeignet, namentlich auf Schiffen, wo sie die Sprachrohre vortheilhaft ersetzen, da an Stelle der oft unbequemen Rohrleitung die leicht verlegbaren Kupferleitungen treten. Als Stromquelle lassen sich Elemente verwenden, man kann aber auch Maschinen- oder Akkumulatorenstrom benutzen, indem man von der Netzspannung eine passende Theilspannung abzweigt. In Verbindung mit den Telephonapparaten kann im Bedarfsfalle noch außer der

Ruftrompete eine Weckereinrichtung, ebenso können noch besondere, dicht an das Ohr zu legende Hörer angebracht werden. Fig. 174 und 175.

Die Schaltung im Innern der Apparate und der Leitungsanschlüsse für Batteriestrom, für Maschinenstrom und für Weckereinrichtung zeigen die Skizzen in Fig. 176 und 177.

Fig. 166. Fernsprechgehäuse für Batterieweckbetrieb. (Geöffnet.)

Fig. 167. Fernsprechgehäuse für Induktionsweckbetrieb. (Geschlossen.)

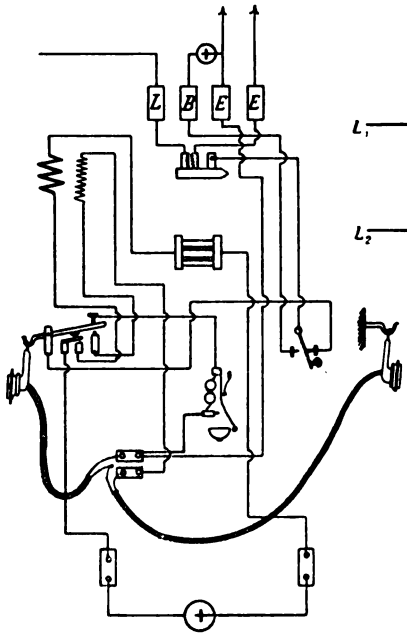


Fig. 168. Schaltung eines Fernsprechgehäuses mit Batterieweckbetrieb (Arbeitsstrom) in einer Endanstalt. (In einem Zwischenamt wird die dritte Klemme an die zweite Leitung statt an Erde geschlossen.)

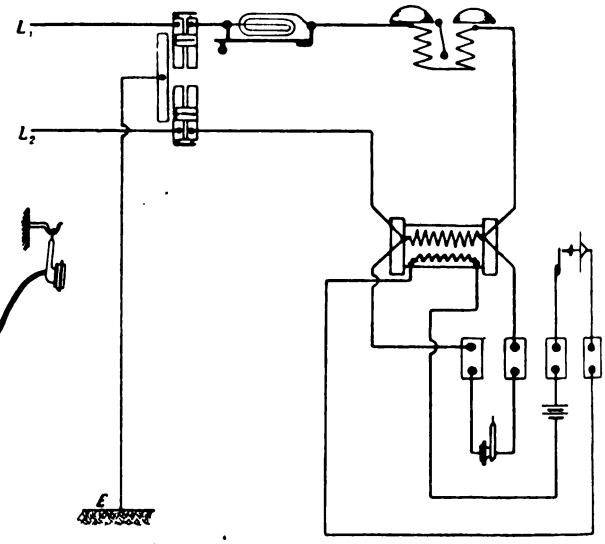


Fig. 168a. Schaltung eines Fernsprechgehäuses für Induktionsweckbetrieb.

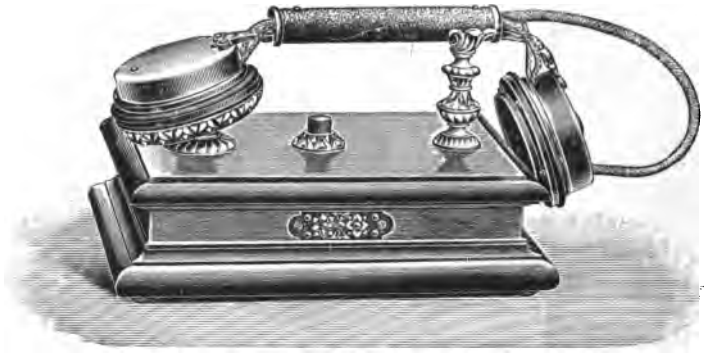


Fig. 169. Fernsprech-Tischstation.

Fig. 170. Transportable Fernsprechstation.

Fig. 171. Patrouillenapparat mit Mikrophonsummer.

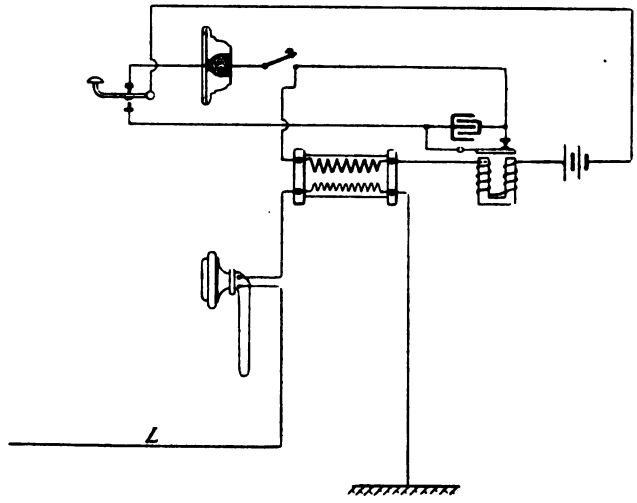


Fig. 172. Innere Schaltung des älteren Patrouillenapparates mit Anruf durch Unterbrecher.

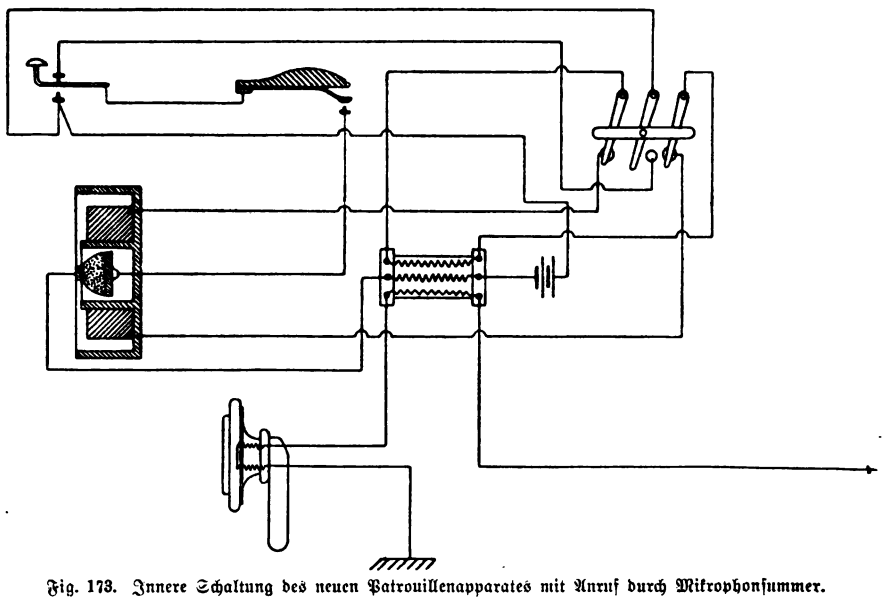


Fig. 173. Innere Schaltung des neuen Patrouillenapparates mit Anruf durch Mikrophonsummer.

Fig. 174. Telephon für laute Sprachübermittelung. (Einfache Ausführung mit Ruftrompete.)

Fig. 175. Telephon für laute Sprachübermittelung mit Seitenhörern, Weckeranruf und Kabelanschlußstück.

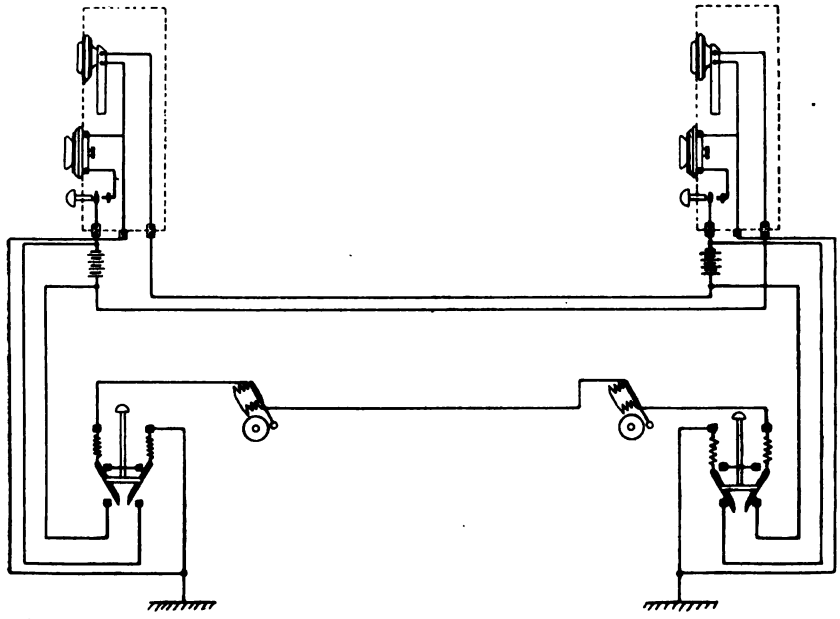


Fig. 176. Schema einer Einrichtung für laute Sprachübermittelung mit Batteriestrom, Wecker und Erde als Rückleitung.

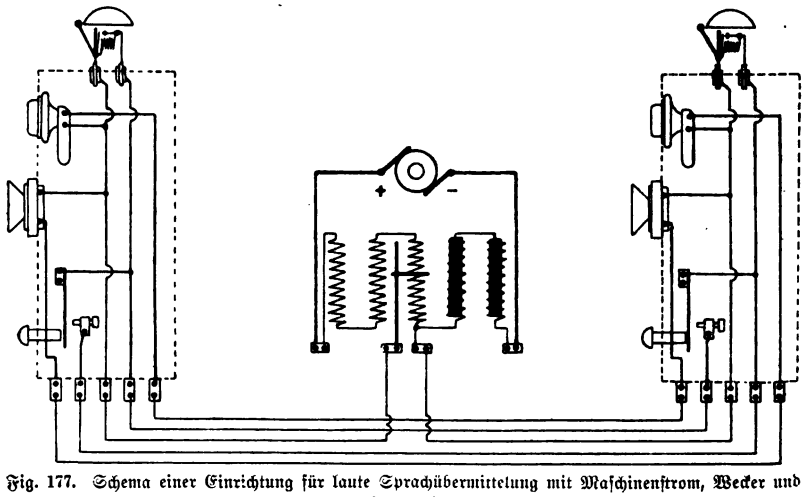


Fig. 177. Schema einer Einrichtung für laute Sprachübermittelung mit Maschinenstrom, Wecker und Kupferrückleitung.

Fig. 178. Stativ mit lautsprechendem Telephon.

Fig. 179. Kabeltornister.

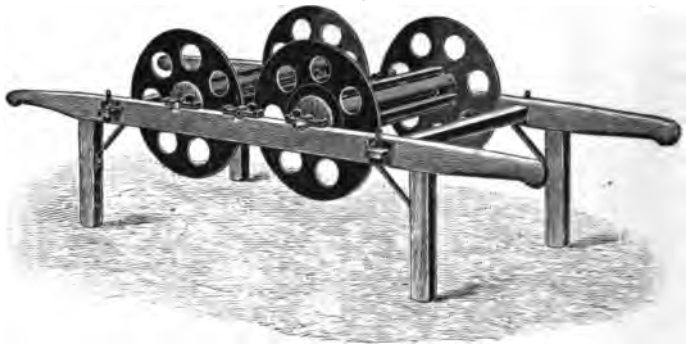


Fig. 180. Kabeltrage.

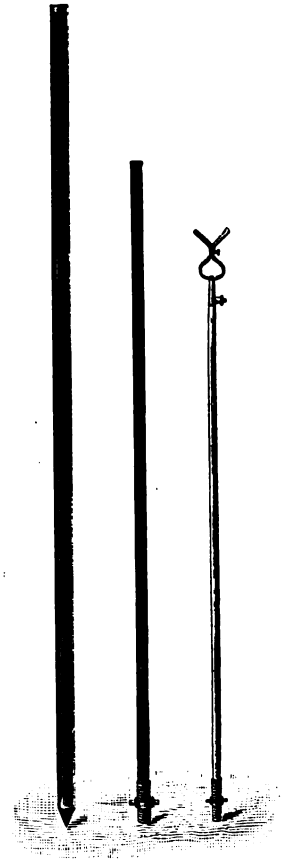


Fig. 181. Rohrgestänge.

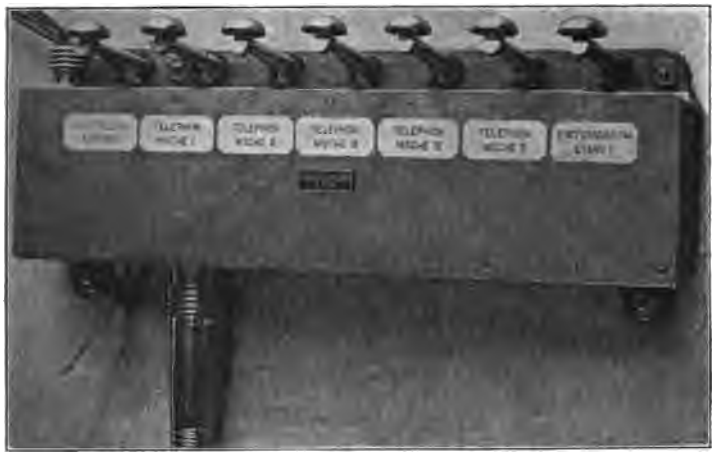


Fig. 182. Linienwähler für Anlage mit lautsprechenden Telephonen.

7. Verbindung und Schaltung verschiedener Aemter.

Die Schaltungen der Apparate für den gegenseitigen Verkehr werden in ähnlicher Weise angeordnet wie bei den Telegraphenstationen. Man kann einfache Endämter bilden oder Zwischenämter und Trennstationen, wobei die gleichen Umschalter wie dort verwendet werden können. Die Schaltungen sind der Art des Weckbetriebes anzupassen. Durch Einführung von Centralstellen mit großen Klappenschränken können nicht nur die Bewohner einer Stadt miteinander verkehren, sondern auch mit Vor- und Nachbarorten, und endlich auch mit Theilnehmern anderer Stadtfernsprecheinrichtungen.

Endanstalt für Arbeitsstrom-Weckbetrieb.

Das Gehäuse einer Endanstalt für Arbeitsstrom-Weckbetrieb hat vier Anschlußklemmen, L für die Leitung, B für die Batterie, E für die Betriebserdleitung und E für Blitzableitererdleitung. Fig. 167. Der zum Anrufen in die Leitung L gesandte Strom geht über den Blitzableiter zum Mittelkontakt der Taste, von da zum Ein- und Ausschalter und bei angehängtem Hörer durch den Wecker bis an die Anschlußklemme der Hörerschnüre und zur Erde. Beim Druck auf die Taste wird statt der Weckerleitung die Batterie eingeschaltet, welche Strom in die Leitung schickt und auf der zweiten Station anruft. Beim Abnehmen des Hörers und bei ungedrückter Taste wird statt des Weckers das Telephon und die sekundäre Wickelung der Induktionsspule eingeschaltet, zugleich aber auch der Mikrophonstromkreis geschlossen. Die Vorgänge spielen sich also ganz so ab, wie sie beim allgemeinen Stromlaufschema (Fig. 165) besprochen wurden.

Ruhestrom-Weckbetrieb.

Die Wecker für Ruhestrom sind dieselben wie für Arbeitsstrom; es darf jedoch bei angezogenem Anker die Elektromagnetspule nicht kurz geschlossen

sein, der Ausschlußkontakt muß daher genügend weit zurückgeschraubt werden. Wird durch Tastendruck der Strom unterbrochen, so schnellt der Anker gegen die vor ihm angebrachte Kontaktfeder und der Wecker arbeitet, so lange die Taste niedergedrückt bleibt, mit Stromunterbrechung als Rasselwecker, während die übrigen Wecker als Einschlagglocken arbeiten, die aber ebenso oft anschlagen, wie der erste Wecker den Strom unterbricht und wieder schließt. Fig. 183.

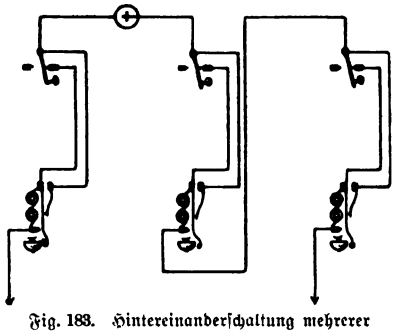


Fig. 183. Hintereinanderschaltung mehrerer Wecker in einer Ruhestromleitung.

Beim Ruhestrom-Weckbetrieb darf beim Anruf der Hörer nicht vom Haken genommen werden, weil dadurch der den Anruf bewirkende Wecker ausgeschaltet wird.

Die Fernhörer sind so in die Leitung zu schalten, daß der zufällig durch sie hindurchgehende Batteriestrom die Magnetpole verstärkt.

Für jede Betriebsstelle sind fünf Elemente, für je 5 km Leitung zwei Elemente einzustellen.

Trennanstalten in Fernsprechleitungen.

Wenn in einer langen Leitung eine größere Anzahl von Fernsprechstellen vorhanden sind, so kann man, ebenso wie beim Telegraphiren, Trennanstalten einrichten, wodurch die Leitungen mehr ausgenutzt werden und auch ein besseres Anrufen oder Wecken erzielt wird. Man gebraucht auf einem Trennamt zwei Gehäuse und zum Herstellen der verschiedenen Verbindungen (Trennstellung, Durchsprechstellung, Direktstellung) einen Umschalter VI. Fig. 184.

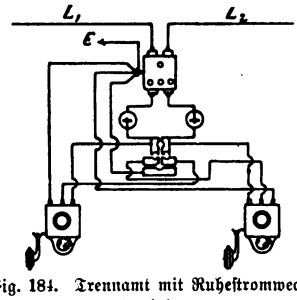


Fig. 184. Trennamt mit Ruhestromweckbetrieb.

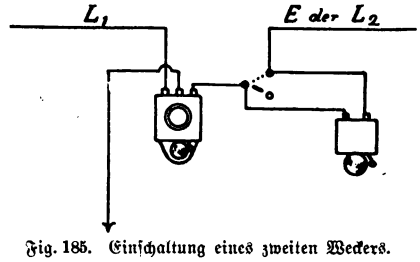


Fig. 185. Einschaltung eines zweiten Weckers.

Einschaltung eines zweiten Weckers.

Wünscht man in einem entfernten Zimmer einen zweiten Wecker anzubringen, so wird derselbe durch einen Umschalter (Kurbelumschalter) mit Apparat und Leitungen so verbunden, daß er bei der einen Stellung des Umschaltehebels kurzgeschlossen ist, bei der anderen Stellung aber hinter den Wecker des Apparates geschaltet wird und mit ihm zugleich ertönt. Fig. 185.

Endamt mit Induktions-Weckbetrieb.

Um die Arbeit mit der Instandhaltung der Batterie zu umgehen und die durch Verbrauch der Elemente (namentlich bei Ruhestrom) entstehenden

Kosten zu vermeiden, benutzt man vielfach zum Anruf Induktionsmaschinen und polarisirte Wecker. Richtet man den Induktor so ein, daß er im Ruhestand kurz geschlossen ist und daß erst beim Drehen der Kurbel die Kurzschlußverbindung aufgehoben und der Anker in den Leitungskreis eingeschaltet wird, so kann man die Taste fortlassen und den Induktor direkt zwischen Leitung und Lagerständer des Ein- und Ausschalters schalten. Fig. 169.

Vermittelungsämter oder Centralstellen.

Sämmtliche Theilnehmer in einem größeren Fernsprechnetz stehen mit ihren Apparaten in leitender Verbindung mit einem oder mehreren Vermittelungsämtern, sogenannten Centralstellen, wo sie leicht und schnell durch besonders konstruirte Umschaltevorrichtungen mit jedem anderen Theilnehmer verbunden werden können, ohne daß von einem jeden Theilnehmer zu jedem anderen eine eigene Sprechleitung gelegt werden müßte.

Der Klappenschrank.

Der charakteristische und wichtigste Theil einer Vermittelungsstation ist der Klappenschrank, der je nach Größe der Anlage oft für mehrere Tausend von Leitungen die gewünschten Verbindungen herzustellen gestattet vermöge einer sinnreichen Einrichtung für Vielfachumschalten. Fig. 186.

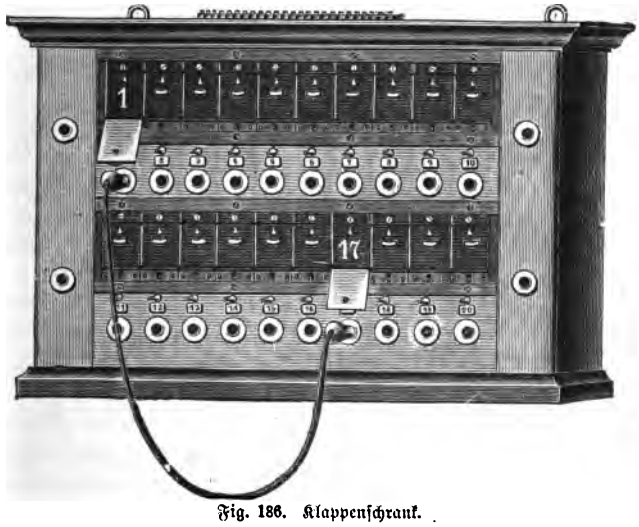


Fig. 186. Klappenschrank.

Auch in solchen Fällen, wo in demselben Hause oder auf demselben Grundstück mehrere Fernsprechstellen zu gegenseitiger Verbindung oder zur Verbindung mit einem Vermittelungsamt durch eine einzige Anschlußleitung eingerichtet sind, wird in einer dieser Sprechstellen außer dem Fernsprechgehäuse ein kleiner Klappenschrank angebracht.

Für jede Theilnehmerleitung befindet sich an dem Schrank eine Anschlußklemme, von der im Innern des Apparates eine Verbindung nach dem einen Ende der Wicklung eines Elektromagneten führt, dessen Anker als Sperrhebel

für eine Fallklappe dient; das andere Ende der Wicklung führt an eine im Scharnier bewegliche Klinke, die gewöhnlich auf einem mit der Erdleitung verbundenen Kontakt aufliegt. Vor dieser Klinke befindet sich in der abschließenden Wand des Schrankes eine Metallhülse, die leitend mit der zugehörigen Anschlußklemme verbunden ist. Fig. 187. Außer den Leitungsanschlußklemmen befinden sich noch andere Klemmen an dem Schrank für Erdleitung und Anschluß eines Weckerstromkreises, der geschlossen wird, sobald eine der metallischen Klappen fällt und sich auf einen darunter befindlichen Metallstift legt, was jedesmal geschieht, wenn ein Stromstoß von der Leitung durch die Magnetwicklung über die Klinke zur Erde geht. Eine schematische Darstellung der inneren Einrichtung und der Verbindungen eines Klappenschrankes für vier Leitungen giebt Fig. 188. Außerdem gehören noch zu dem Apparate

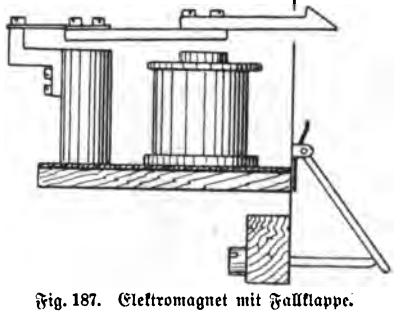


Fig. 187. Elektromagnet mit Fallklappe.

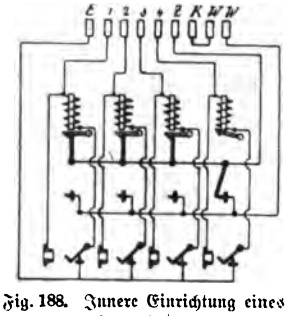


Fig. 188. Innere Einrichtung eines Klappenschrankes.

biegsame, isolirte Verbindungsschnüre, welche an den Enden Stöpsel haben, die in die Metallhülsen des Schrankes passen. Die beiden Stöpsel sind verschieden konstruirt und sind auch äußerlich in Form und Farbe gewöhnlich von einander zu unterscheiden. Die Griffe der Stöpsel sind von Holz, der Länge nach durchbohrt und tragen vorn einen eingelassenen Metallstift mit Spitze, an welchem die Leitungsschnur befestigt ist. An dem einen Stöpsel ist aber der vordere Theil, der in die Hülse geschoben wird, mit einem Metallring umgeben. Dieser Ring ist mit dem Stift leitend verbunden. An dem anderen Stöpsel ist der vordere Theil isolirt. Der erste Stöpsel ist gewöhnlich schwarz und rund, der zweite roth und sechskantig ausgeführt. Wird ein solcher rother Stöpsel in das Stöpselloch gesteckt, so hebt die Spitze des Metallstiftes die Klinke vom Erdkontakt ab und stellt Verbindung mit der Leitungsschnur her. Dadurch, daß der zweite (schwarze) Stöpsel in ein anderes Loch gesteckt wird, ist auch dort die Klinke von Erde abgehoben und durch die Leitungsschnur Verbindung zwischen den zu den beiden gestöpselten Löchern gehörigen Leitungen hergestellt. In derjenigen Leitung, die durch den rothen Stöpsel angeschlossen wird, geht der Weck- oder Sprechstrom

durch die Windungen des Elektromagneten mit Fallklappe, während der schwarze Stöpsel die Elektromagnetwindungen in der von ihm angeschlossenen Leitung kurzschließt und direkt Verbindung mit der Anschlußklemme herstellt. Es ist alsdann im Stromkreis unnöthiger Widerstand vermieden und nur ein Magnet mit Klappe enthalten, durch den dem Beamten des Vermittelungsamtes der Schluß des Gespräches angezeigt werden kann. Fig. 189 bis 192.

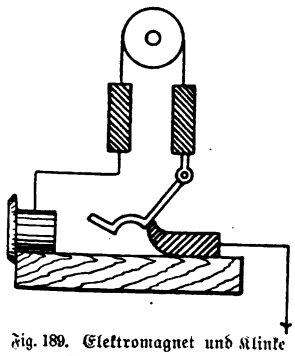


Fig. 189. Elektromagnet und Klinke für Einfachleitung.

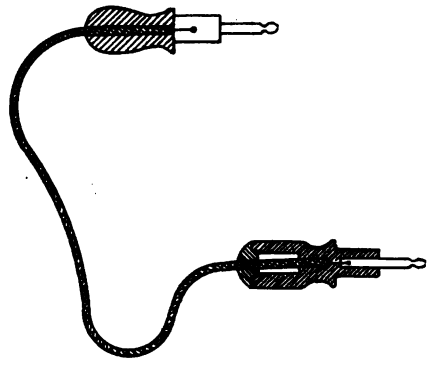


Fig. 190. Verbindungsschnur mit Einfachleitung und Stöpseln.

Schaltung und Betrieb der Centralstation.

Zum Sprechverkehr der Centralstelle mit den angeschlossenen Sprechstellen ist ein Fernsprechapparat erforderlich, der je nach der Art des Anrufes (Batterie oder Induktor) verschieden eingeschaltet wird. Fig. 193 und 194. Der Betrieb auf der Centralstation spielt sich bei beiden Schaltungen in folgender Weise ab:

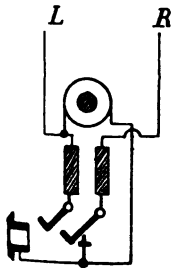


Fig. 191. Elektromagnet und Klinke für Hin- und Rückleitung.

1. Die Centrale wird angerufen: die Klappe fällt und der Wecker ertönt (Zeitkontakt, Dauerkontakt). Der Centralbeamte stellt die Klappe zurück, steckt den Stöpsel seines Sprechapparates in das betreffende Stöpselloch, hebt den Hörer ab und spricht mit dem Anrufenden.

2. Die Centrale ruft an: der Stöpsel des Sprechapparates wird in das betreffende Stöpselloch gesteckt, Taste

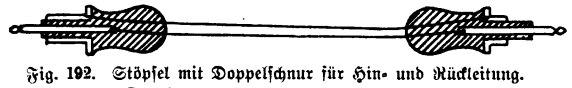


Fig. 192. Stöpsel mit Doppelschnur für Hin- und Rückleitung.

gedrückt, bezw. Kurbel gedreht, Hörer abgenommen und gesprochen.

3. Verbindung zweier Leitungen: der eine Stöpsel einer Verbindungsschnur wird in das Stöpselloch der anrufenden Leitung, der andere in das der anzurufenden Leitung gesteckt.

4. Schlußzeichen: Nach Beendigung des Gespräches wird durch zwei- bis dreimaliges Drücken der Taste bezw. Drehen der Kurbel auf den Theilnehmerstellen Weckstrom in die Leitung gegeben; das dadurch hervorge-

rufene Fallen der Klappe dient als Schlußzeichen. Der Beamte zieht die Stöpsel und hebt die Klappe.

5. Kontrole: Die Spitze des Stöpsels vom Sprechapparat der Centrale wird an die metallische Einfassung des Stöpselloches gehalten. Der Sprechapparat hört alsdann mit und die Centrale kann sich überzeugen, ob noch gesprochen wird, oder ob das Schlußzeichen zu geben vergessen wurde.

Der Vielfachumschalter.

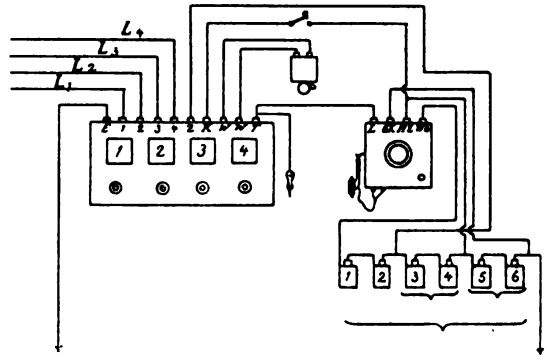


Fig. 193. Schaltung einer Telephoncentrale mit Batteriewecker. (Element 1 bis 6 Anrufbatterie, 3 und 4 Lokalbatterie, 5 und 6 Mikrophonbatterie.)

Das einfache Klappenschrankſystem mit Anschlüssen von geringerer Zahl (bis zu 50) wird umständlich, sobald an eine Centralstation sehr viele (mehrere Tausend) Theilnehmer angeschlossen sind, weil dann der Beamte für Beobachtung und Bedienung des einen Schrankes vielfach erst mit dem Beamten für einen entfernten Schrank in Verbindung treten muß, um den gewünschten Anschluß herzustellen. Der Vielfachumschalter vermeidet diesen Uebelstand und ermöglicht es dem bedienenden Beamten eines Klappenschrankes, ohne Weiteres jede beliebige Verbindung zwischen zwei Theilnehmern herzustellen. Das Prinzip der Vielfachumschalter ist ganz einfach.

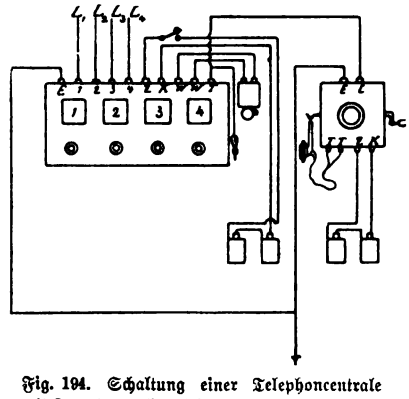


Fig. 194. Schaltung einer Telephoncentrale mit Induktorwecker. (Links Lokalbatterie, rechts Mikrophonbatterie.)

Es wird die Leitung, die von einem Theilnehmer kommt, nicht direkt zu seinem Klappenschrank geführt, sondern sie geht vorher durch alle anderen Klappenschränke hindurch und erhält in jedem ein Stöpselloch mit dahinterliegender Klinke mit Kontakt. Im eigenen Klappenschrank ist sie mit Elektromagnet und Klinke in gewöhnlicher Weise verbunden. Jeder Beamte hat so in seinem Klappenschrank eine beschränkte Anzahl von Leitungen mit Elektromagnet und Klinke, die er gut bedienen kann, außerdem aber hat er zur Herstellung jeder beliebigen Verbindung für sämmtliche anderen Theilnehmerleitungen Stöpsellöcher vor sich (Fig. 195).

Ein Amt für 2000 Abonnenten besteht beispielsweise aus 10 Klappen-

schränken, deren jeder 2000 Stöpsellöcher enthält, jedoch nur 200 Elektromagnete mit Fallklappe, und zwar hat in Schrank I Leitung 1 bis 200 Elektromagnete, in Schrank II Leitung 201 bis 400 u. s. f. Fällt eine Klappe an Schrank II, und will der Anrufende einen Theilnehmer von Schrank I sprechen, so steckt der Beamte die Stöpsel an seinem eigenen Schrank II in die beiden Löcher der betreffenden Nummer und die gewünschte Verbindung ist hergestellt.

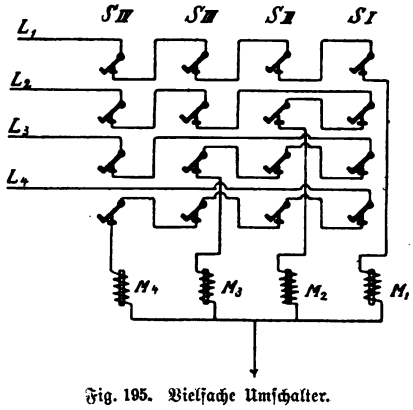


Fig. 195. Vielfache Umschalter.

Damit der Beamte erkennen kann, ob die zum Anschluß gewünschte Leitung bereits anderweitig besetzt ist, kann eine Vorrichtung derart angebracht werden, daß beim Fallen einer Klappe oder beim Stecken eines Stöpsels Elektromagnete bethätigt oder Galvanometer zum Ausschlag gebracht werden.

8. Wahl der Batterie in Telephonanlagen.

Die Zahl der Elemente, welche zu einer Weckerbatterie zu vereinigen sind, hängt einmal von der Stromstärke ab, welche die Weckapparate zum sicheren Funktioniren gebrauchen, und zweitens von dem Gesammtwiderstand des Leitungskreises (Widerstand der Leitung, der Apparate, der Elemente und Uebergangswiderstand nach Erde) und drittens von der elektromotorischen Kraft der Elemente selbst.

Ist z. B. der Strombedarf für einen Wecker 0,06 Ampère, der Gesammtwiderstand des Leitungskreises 100 Ohm, so sind nach dem Ohmschen Gesetz (J W = E)

$$100 \cdot 0{,}06 = 6 \text{ Volt}$$

erforderlich. Hat nun jedes Element eine elektromotorische Kraft von 1 Volt, so gebraucht man 6 hintereinander geschaltete Elemente.

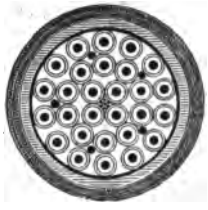
In Anlagen mit gemeinsamer Rufbatterie sind die nicht nach Erde führenden Leitungen gut zu isoliren.

Hat man Apparate mit Induktor und Wecker, so kann der Widerstand des Leitungskreises je nach Größe des Induktors und Empfindlichkeit des Weckers mehrere Tausend Ohm betragen.

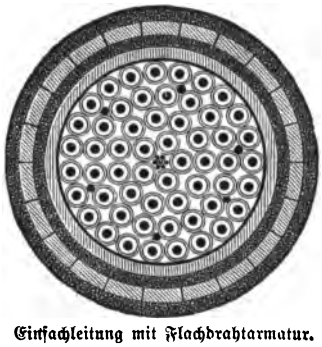
9. Fernsprechleitungen.

Ueber Fernsprechleitungen gilt im Allgemeinen das Gleiche wie über Telegraphenleitungen. Für Freileitungen sowohl als auch für Kabel läßt sich dasselbe Material verwenden. Fig. 144. Für Fernsprechanlagen auf große Ent-

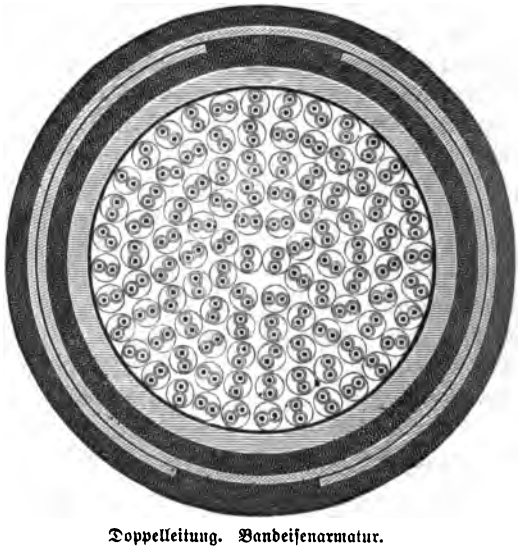
fernungen ist man jedoch genöthigt, besonders konstruirte Kabel zu verlegen, in denen die einzelnen Leitungsdrähte von einem Papierrohr umgeben sind, wodurch die Ladungskapazität des Leiters verringert und die Sprechfähigkeit des Kabels erhöht wird. Fig. 196. — Fig. 197 und 198 zeigen Konstruktionen von Endverschlüssen, Verbindungs- und Schutzmuffen.



Einfachleitung ohne Eisenarmatur.

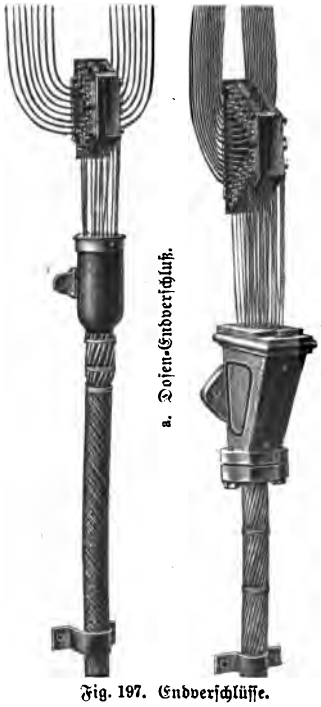


Einfachleitung mit Flachdrahtarmatur.



Doppelleitung. Bandeisenarmatur.

Fig. 196. Fernsprechkabel für große Entfernungen.

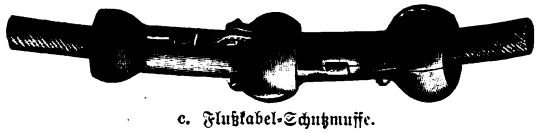


a. Dosen-Endverschluß. b. Konsol-Endverschluß.

Fig. 197. Endverschlüsse.

a. Verbindungsmuffe.

b. Landkabel-Schutzmuffe.



c. Flußkabel-Schutzmuffe.

Fig. 198. Muffen.

10. Störungen in Telephonanlagen.

Fehler in Telephonanlagen können ebenso wie bei Telegraphenanlagen in den Leitungen (Innenleitung, Außenleitung, Erdleitung), in den Apparaten oder in den Batterien liegen. Auch hier führt eine verständige Ueberlegung und systematische Untersuchung der einzelnen Theile der Anlage an der Hand von Schaltungsskizzen am schnellsten zur Auffindung. Eingrenzung der Fehlerquelle durch Untertheilung, Ersatz zweifelhafter Theile durch erprobt gute, Herstellung von Hülfserdleitungen leisten je nach der Art des auftretenden Fehlers gute Dienste bei Untersuchung von Leitungen und Batterien. Genaue Kontrole aller Klemmenverbindungen und Kontakte bei Untersuchung der Apparate ist unerläßlich. Alle Fehler, die etwa auftreten können, im voraus zu bestimmen und zu behandeln ist unmöglich. Vielfach werden sie sich dadurch bemerkbar machen, daß die Wecker beim Anruf entweder nur auf einer Station oder auf keiner von beiden ertönen. Im ersten Falle kann der Fehler nicht in den Leitungen liegen, sondern er muß auf der einen Station im Batteriezweig oder auf der anderen im Weckerzweig liegen, danach ist der Gang der Untersuchung einzurichten. Im zweiten Falle ist ein Fehler in den Leitungen, in den Erdverbindungen oder auch im Blitzableiter zu vermuthen.

Bei Fehlern in den Sprechapparaten kann meist auf einer Stelle gehört aber nicht gesprochen werden oder umgekehrt. Die Fehler sind dann entweder in dem Telephonkreise der einen Station oder im Mikrophonkreise der anderen Station zu suchen. Kann man z. B. nicht hören, wird man aber gut verstanden, so kann man schnell seinen eigenen Hörer mit dem eigenen guten Mikrophonkreis untersuchen, indem man den Hörer abnimmt und gegen das Ohr hält und dabei leicht gegen die Sprechplatte des Mikrophons klopft. Ist das Telephon in guter Ordnung, so hört man durch dasselbe diese Klopftöne wieder. Der Mikrophonkreis wird mit Hülfe eines Galvanoskops untersucht.

Wenn der Fehler weder im Telephon noch im Mikrophon zu finden ist, kann er wohl auch in der Induktionsrolle liegen.

In Vermittelungsämtern können die Verbindungsschnüre schadhaft sein, oder es fallen bei mangelhafter Verbindung zur Erdleitung am Klappenschrank durch auftretende Stromverzweigung außer der Klappe der anrufenden Station noch fremde Klappen.

Kann man von beiden Seiten einer Leitung aus gut sprechen, funktioniren die Wecker aber nicht, so ist daraus auf schlechte Erdverbindung zu schließen, deren großer Widerstand zwar das Funktioniren der empfindlichen Sprechapparate nicht hindert, jedoch nicht mehr das Auftreten des für die Wecker benöthigten Stromes gestattet.

Auf gute Erdverbindung ist überhaupt dauernd zu achten und in Fällen, wo die genaue Untersuchung der gesammten Anlage keine bestimmte Fehlerstelle ergab, zu hoher Widerstand der Erdverbindung zu vermuthen.

Abschnitt IV.

Alarm- und Signaleinrichtungen.

1. Allgemeines.

Die Alarm- und Signaleinrichtungen haben den Zweck, Jemanden von einem entfernten Punkte aus anzurufen, ihm eine Mittheilung zu machen oder einen Befehl zu geben. Die Zeichengebung geschieht entweder durch Drücken auf einem Knopf, Ziehen an einem Griffe, Drehen an einer Kurbel u. s. w. Zum Anrufen und Aufmerksammachen werden im Allgemeinen Glocken verwendet, die entweder anhaltend läuten (Rasselwecker) oder auch einzelne Schläge geben (Einschlagglocken). Siehe Fig. 102 bis 106.

In Verbindung damit werden auch sichtbare Zeichen gegeben durch Signalscheiben, Fallklappen in Tableaukasten oder durch bewegliche Zeiger, die sich auf Felder mit Inschrift nach Belieben einstellen.

Zu einer derartigen vollständigen Anlage sind Batterie, Leitung, Ausschalter, Umschalter, Wecker und Anzeigevorrichtung erforderlich.

2. Schaltungen von Weckeranlagen.

Die Schaltungen bei Alarm- und Signaleinrichtungen sind je nach der örtlichen Disposition und dem Zwecke der Anlage einfach oder mehr oder weniger komplizirt.

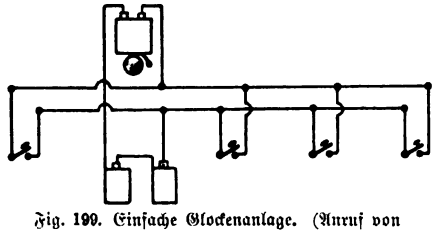


Fig. 199. Einfache Glockenanlage. (Anruf von verschiedenen Stellen.)

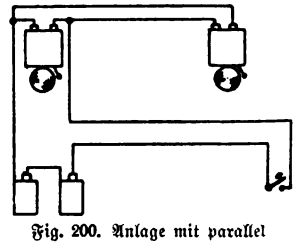


Fig. 200. Anlage mit parallel geschalteten Glocken.

Einfache Glockenanlage mit Anruf von verschiedenen Stellen.

Die einfache Glockenanlage mit Anruf von verschiedenen Stellen aus besteht aus einer Batterie, einem Wecker und mehreren Einschaltern, welche sämmtlich parallel zu schalten sind. Batterie, Wecker und Einschalter werden durch passend geführte Leitungen zu einem Stromkreise verbunden, der durch jeden einzelnen Einschalter geschlossen werden kann. Fig. 199.

Anlage mit mehreren parallel geschalteten Glocken.

Die Schaltung ist ähnlich wie vorher, es ist zu beachten, daß sämmtliche nebeneinander geschalteten Wecker zwischen dem freien Pol der Batterie und sämmtlichen vorhandenen, nebeneinander geschalteten Einschaltern liegt. Fig. 200. In der Schaltungsanordnung in Fig. 201 ist noch berücksichtigt, daß in allen Fällen beim Wecken der Widerstand der Zuleitungen zu den einzelnen Glocken der gleiche ist, so daß alle gleichen Strom erhalten und gleich kräftig läuten, während es sonst vorkommen kann, daß die entfernten Glocken schwächeren Strom erhalten und deshalb auch schwächer ertönen.

Anlage mit mehreren hintereinandergeschalteten Glocken.

Die Schaltung ist einfach und aus der Fig. 202 ersichtlich. Auch hier müssen die Einschalter sämmtlich zwischen den gleichen freien Enden von Batterie und Weckern liegen. Man wendet Hintereinanderschaltung bei kleiner Weckerzahl und großen Entfernungen an. Als Wecker benutzt man vortheilhaft solche mit selbstthätigem Kurzschluß der Elektromagnete.

Schaltung für wechselseitigen Anruf mit gemeinsamer Batterie.

Um von einem entfernten Punkt zum anderen wechselseitig anrufen zu können, gebraucht man außer der gemeinsamen Batterie und den beiden Weckern drei Leitungen zwischen den beiden Punkten. Zwei Leitungen enthalten wechselseitig auf der einen Station Einschalter, auf der anderen Wecker, die dritte Leitung ist gemeinsame Rückleitung mit der Batterie. Fig. 203.

Nimmt man getrennte Batterien und statt der metallischen Rückleitung Erde, so hat man die gewöhnliche Weckeranordnung für zwei Endstationen einer Telegraphen- oder Telephonanlage mit nur einer metallischen Verbindungsleitung. Sie wird angewendet bei großen Entfernungen, wenn die Kosten der beiden fortfallenden Leitungen höher sind als die Kosten für die zweite Batterie, die Tasten und die Erdverbindung.

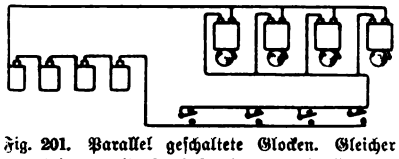


Fig. 201. Parallel geschaltete Glocken. Gleicher Leitungswiderstand für jede Anrufstelle.

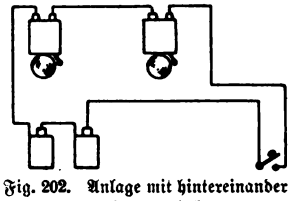


Fig. 202. Anlage mit hintereinander geschalteten Glocken.

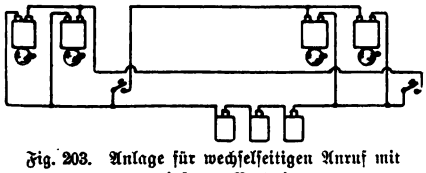


Fig. 203. Anlage für wechselseitigen Anruf mit gemeinsamer Batterie.

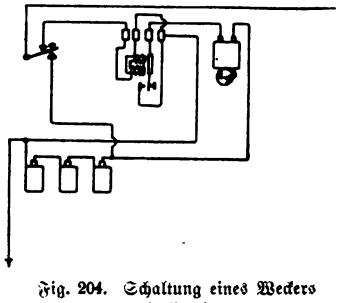


Fig. 204. Schaltung eines Weckers mit Relais.

Schaltung eines Weckers mit Relais für Arbeitsstrom.

Die Einführung eines Relais in Weckerleitungen hat den gleichen Zweck wie bei Telegraphenanlagen mit sehr langen Leitungen. Wie aus der Schaltung in Fig. 204 ersichtlich ist, dient die Batterie auf einer Station sowohl als Leitungsbatterie, wie auch als Lokalbatterie. Für die Letztere

Fig. 205. Weckeranlage für Ruhestrom.

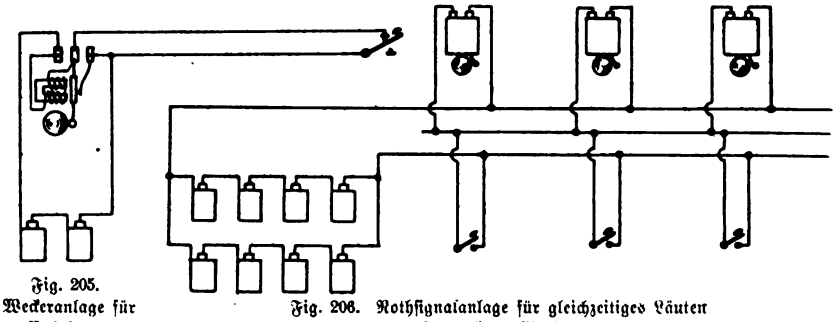


Fig. 206. Nothsignalanlage für gleichzeitiges Läuten sämmtlicher Wecker.

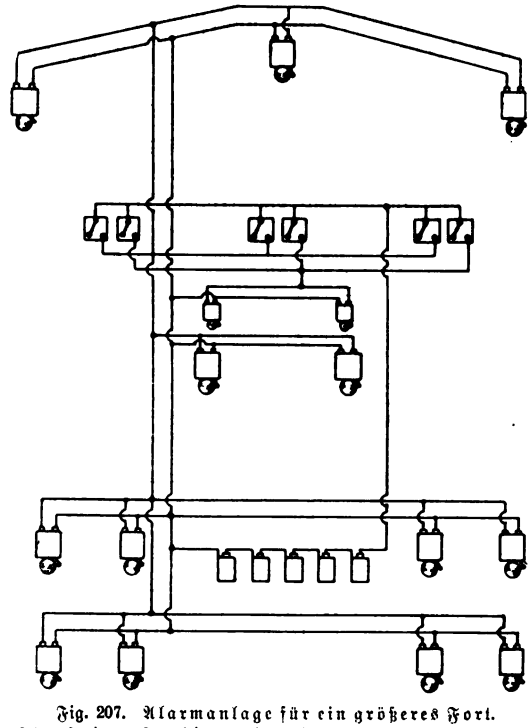


Fig. 207. Alarmanlage für ein größeres Fort.
(3 Alarmstationen für kleinen und großen Alarm. Kleiner Alarm für Bereitschaften. Großer Alarm für Bereitschaften, Kaponnièren, oberes und unteres Stockwerk. Batterie steht im Telegraphenraum.)

wird meist schon ein Theil der Batterie (2 bis 4 Elemente) zur Bethätigung des Weckers ausreichen.

Schaltung einer Weckeranlage für Ruhestrom.

Für gewöhnlich fließt der Strom beständig durch die mit der Taste geschlossene Leitung und hält den Anker des Elektromagneten angezogen. Bei Tastendruck wird momentan der Elektromagnet stromlos, der Anker wird losgelassen. Er legt sich nun aber gegen die davor angebrachte Kontaktfeder, wodurch der Stromkreis sogleich wieder geschlossen wird. Der Wecker arbeitet so lange, wie der Tastendruck währt, mit Selbstunterbrechung. Fig. 205.

Nothsignal und Alarmanlagen.

Diese Anlagen haben den Zweck, auf Gefahren aufmerksam zu machen oder dieselben nach Möglichkeit zu beseitigen. Im letzten Falle ist die Einrichtung so zu treffen, daß von beliebig vielen Stellen nach einem Punkte hin Glockenzeichen gegeben werden (z. B. von verschiedenen Arbeitssälen nach der Maschinenstation, wo auf das Glockenzeichen sofort die Betriebsmaschine abgestellt wird). Man richtet die Anlage meistens so ein, daß sich auf allen Stationen Wecker befinden, die gleichzeitig ertönen. Sie können von der Maschinenstation in Gang gesetzt werden, oder irgend sonst wo, und zur täglichen Zeichengebung für Arbeitszeiten, Anstellen und Abstellen der Betriebsmaschinen ꝛc. dienen, wodurch gleichzeitig eine dauernde Kontrole über den betriebsfähigen Zustand geführt wird. (Fig. 206.)

Im ersten Falle sollen von einer (oder auch von mehreren) Station aus nach beliebig vielen Stellen gleichzeitig hörbare Zeichen gegeben werden, z. B. bei Forts und Befestigungen von der Alarmstation aus nach den Bereitschaften (kleiner Alarm), oder auch nach der ganzen Belegschaft (großer Alarm). Fig. 207 zeigt ein derartiges System von 13 Glocken mit getrenntem elektrischen kleinen und großen Alarm für ein größeres Fort.

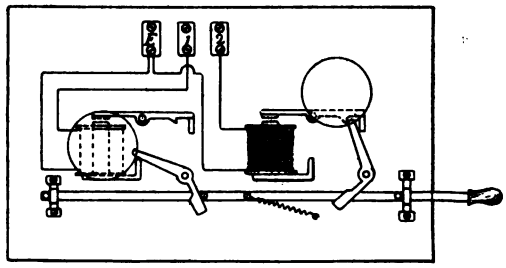


Fig. 208. Innere Einrichtung eines Tableaukastens.

Klingelanlage mit Tableau.

Will man an einer Centralstelle, wo von verschiedenen Seiten her Glockenzeichen gegeben werden, sogleich wissen, von welcher Stelle der Anruf ausgeht, so ist in der Centralstation ein Tableaukasten aufzustellen, an den zunächst sämmtliche von außen kommende Leitungen angeschlossen werden, bevor sie durch die Elektromagneten des Kastens hindurch an Wecker und Batterie geführt werden. Die Zeigevorrichtung des Tableaukastens ist ganz ähnlich wie die eines Klappenschrankes für Telephoncentralen angeordnet.

Fig. 208 stellt die innere Einrichtung eines Kastens mit zwei Tableaufallklappen dar; Fig. 209 giebt die Schaltung einer Klingelanlage mit Tableau.

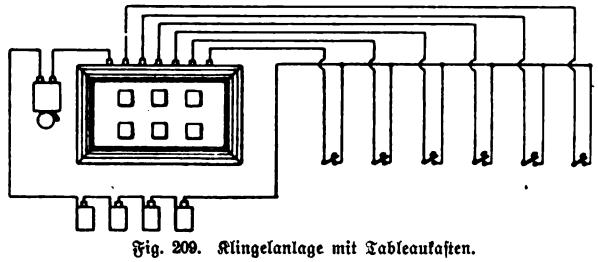


Fig. 209. Klingelanlage mit Tableaukasten.

3. Anzeigevorrichtung für eine größere Anzahl von Mittheilungen.

(Kommandoapparate, Maschinenzeiger ꝛc.)

Bei der Verwendung eines Tableaukastens ist man nur im Stande, mit **einer** Leitung **ein** Zeichen durch Fallen der Klappe zu geben, was z. B. für einfaches Fertigmelden auch ausreicht. Häufig wird es aber erforderlich, von einer Stelle aus nach einer andern eine ganze Reihe verschiedener Zeichen zu geben; man müßte alsdann für jedes Zeichen eine besondere Leitung und eine besondere Tableaufallklappe haben, was kostspielig und unbequem ist und viel Raum beansprucht. Für derartige Fälle hat man besondere Anzeigevorrichtungen konstruirt, die es gestatten, mit einer beschränkten Anzahl von Leitungen (3 Hinleitungen und 1 gemeinsame Rückleitung) eine größere Anzahl von Zeichen (Zahlen oder Kommandos) zu übermitteln.

Prinzip der Zeigerapparate.

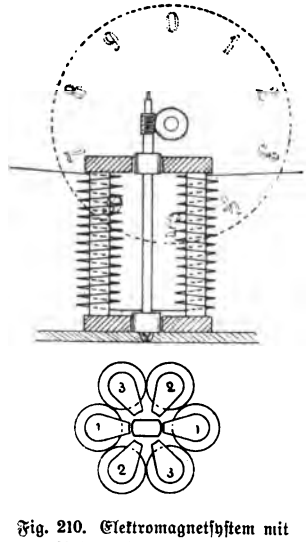


Fig. 210. Elektromagnetsystem mit Anker und Signalscheibe.

Das Prinzip der Zeigerapparate besteht ganz allgemein darin, daß man statt des einfachen Elektromagneten mit dem hin- und hergehenden Anker, der die Klappe entweder festhält oder losläßt, ein System von mehreren Elektromagneten (mindestens drei) mit einem gemeinsamen Anker verwendet, der auf einer Achse sitzt und sich zwischen den Polen der Elektromagnete drehen kann. Die Elektromagnetschenkel sind in einem Kreise angeordnet; werden zwei derselben von Strom umflossen und magnetisirt, so stellt sich der drehbare Anker in die Richtung der Verbindungslinie ihrer Pole ein. Wird nun der Strom der Reihe nach durch die verschiedenen Schenkelpaare

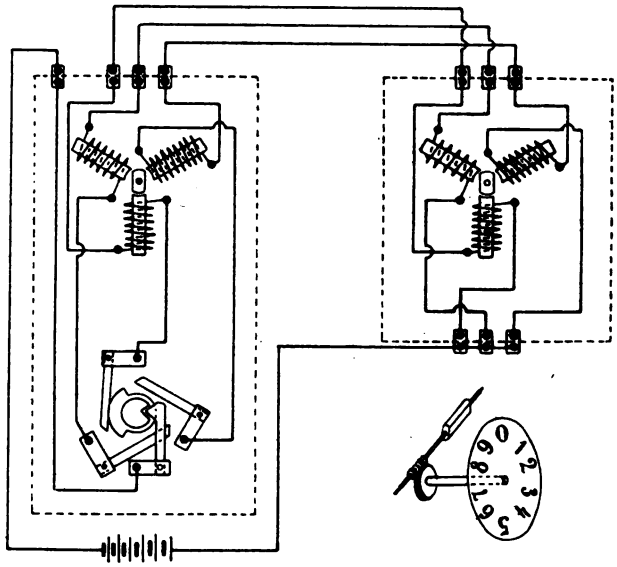


Fig. 211. Systemschaltung einzelner Abtheilungen in Signalapparaten. Aeltere Ausführung.

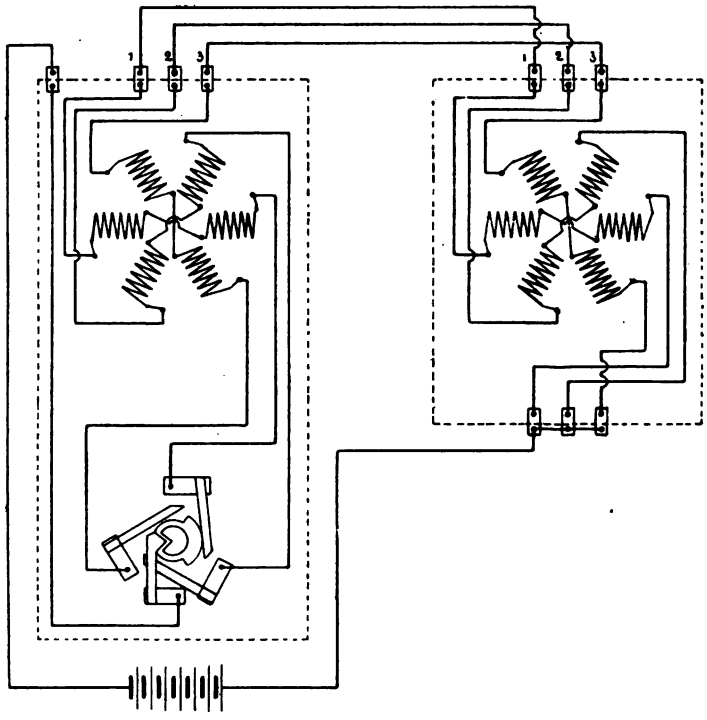


Fig. 212. Systemschaltung einzelner Abtheilungen in Signalapparaten. Neuere Ausführung.

der Elektromagnete gesandt, so rückt auch der Anker der Reihe nach in die Richtung der Verbindungslinien der nun magnetisirten Polpaare und kann so nach Belieben gezwungen werden, eine bestimmte Anzahl von Umdrehungen zu machen. Fig. 210.

Der Geber.

Diejenige Station, von der aus Signale oder Befehle gegeben werden sollen, muß einen besonders konstruirten Umschalter haben, der es gestattet, der Reihe nach die einzelnen Stromkreise für die Elektromagnete zu schließen, den Geber. Derselbe wird verschieden ausgeführt.

In Fig. 211 und 212 wird durch Drehen einer Kurbel, welche im Ruhestand nach unten steht, eine Kontaktfeder in Berührung mit der Kurbelachse gebracht, die wieder abwechselnd während einer Umdrehung drei weitere Federn für kurze Zeit berührt. Diese Federn erhalten dadurch der Reihe nach Verbindung mit der Batterie, welche an die erste Kontaktfeder angeschlossen ist. Läßt man die Kurbel los, so wird sie durch starke Druckfedern in den Ruhestand gestellt, wobei die Verbindung der Kontaktfeder mit der Kurbelachse aufgehoben wird und somit auch die Batterie abgeschaltet ist.

Der Empfänger. Die Signalscheibe.

Die Empfangsstation enthält als nothwendigen Bestandtheil das bereits beschriebene Elektromagnetsystem mit dem drehbaren Anker. Die Benutzung des Ankers wird durch Schnecke und Rad auf eine runde Signalscheibe aus Glimmer übertragen, deren Fläche in eine Anzahl Felder mit bestimmten Inschriften eingetheilt ist. Eins dieser Felder ist durch eine Oeffnung im Schutzkasten sichtbar. Das Uebersetzungsverhältniß zwischen Schnecke und Rad ist der Eintheilung der Signalscheibe entsprechend gewählt; z. B. wird bei einer zehntheiligen Signalscheibe die Uebertragung derart eingerichtet, daß bei einer Kurbelumdrehung die Scheibe genau um ein Zehntel gedreht wird und ein neues Feld vor der Oeffnung erscheint. Die Drehung der Kurbel kann sowohl rechts herum als auch links herum erfolgen; man wählt zweckmäßig den kürzesten Weg.

Wird eine sehr große Anzahl von Feldern gebraucht, so kann die Uebertragung auch durch eine Spindel mit Gewinde bewerkstelligt werden, auf der sich ein Zeiger längs einer Skala mit der Feldeintheilung bewegt.

Die Geberstation.

Die Geberstation besitzt außer dem Geber als Stromquelle eine Batterie, meist nebst Reservebatterie. Zur Kontrole ist in dem Geberapparat selbst auch noch ein Empfänger mit Signalscheibe angebracht, der das gegebene Zeichen gleichfalls hinter der Oeffnung des Schutzkastens zeigt. In der Mehrzahl der Fälle wird auch noch eine Taste vorhanden sein, die zum Schließen eines Weckerstromkreises dient.

Die Empfängerstation.

Der Wecker zu diesem Stromkreise befindet sich neben dem Elektromagnetsystem und der Signalscheibe auf der Empfängerstation. Er besteht aus einer Einschlagglocke und hat einmal den Zweck, die Empfangstation aufmerksam zu machen, außerdem kann er aber auch zur Zeichengebung bei Störungen benutzt werden.

Kombinirte Geber- und Empfängerstation.

Oft ist es wünschenswerth oder erforderlich, daß die empfangende Station nach der gebenden Station gleichfalls Zeichen und Mittheilungen giebt. In diesem Falle sind beide Stationen in gleicher Weise mit sämmtlichen Geber- und Empfängerapparaten auszurüsten, also mit Geber, Empfänger, Batterie, Wecker und Taste. Fig. 213.

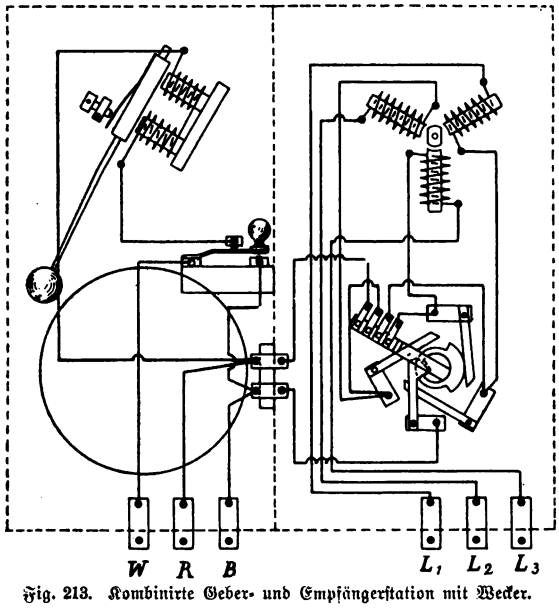


Fig. 213. Kombinirte Geber- und Empfängerstation mit Wecker.

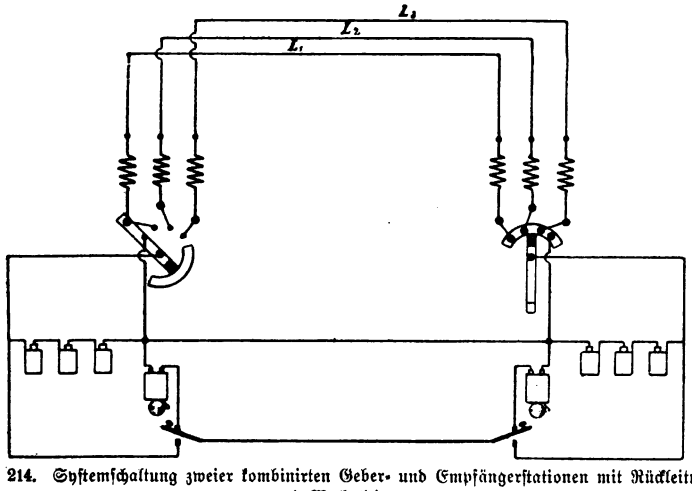


Fig. 214. Systemschaltung zweier kombinirten Geber- und Empfängerstationen mit Rückleitung und Weckerleitung.

Zur Verbindung der einzelnen Stationen untereinander sind für je einen Geber und einen Empfänger drei Leitungen erforderlich, dazu kommt noch eine gemeinsame Rückleitung und bei Benutzung eines Weckers eine Weckerleitung wie aus dem Schema in Fig. 214 ersichtlich ist.

Leitungen. In den Anlagen für Befestigungswerke werden zu den Verbindungsleitungen von Station zu Station ausschließlich Kabel (sechs- bezw. siebenadrig) verwendet. Bei mehrfach verzweigten Anlagen werden die Kabel zur leichten Unterscheidung mit Buchstaben und Zahlen bezeichnet, welche auf sogenannte Kabelmarken gestempelt sind, die längs der ganzen Strecke in einigen (etwa 4) Metern Abstand voneinander an dem Kabel befestigt sind. Auch die Adern sind theils durch Wulste kenntlich gemacht, theils durch ihre Gruppirung.

Wahl der Stromquelle. Da die Anlagen mit Arbeitsstrom betrieben werden, so lassen sich Kohlenelemente oder auch Trockenelemente verwenden. Ihre Zahl ist nach Länge der Leitungen, Gesammtwiderstand der Stromkreise und Strombedarf der Apparate zu bemessen. Zur Sicherheit ist die Zahl so groß zu nehmen, daß die Apparate schon bei $^2/_3$ der ganzen Batterie funktioniren; auch empfiehlt es sich, eine vollständige Reservebatterie vorzusehen. So lange die Apparate nicht gebraucht werden, thut man gut, die Batterie ganz abzuschalten, damit sie nicht durch etwaige Isolationsfehler oder Nebenschlüsse ohne Nutzen aufgebraucht wird. Fig. 215 zeigt die Schaltungsanordnung der Batterien mit Umschaltern. Der Doppelumschalter schaltet entweder Batterie I oder Batterie II ein. Der einfache Umschalter steht bei Nichtgebrauch auf dem Mittelkontakt, bei Prüfung auf dem linken, beim Arbeiten auf dem rechten Kontakt.

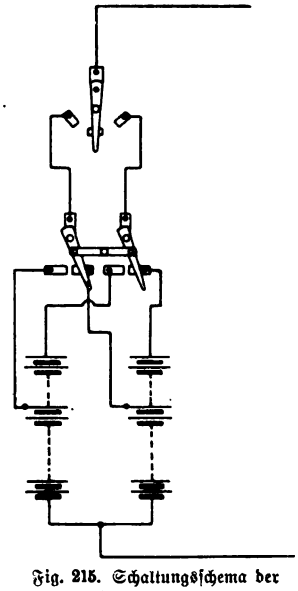


Fig. 215. Schaltungsschema der Batterien mit Umschaltern.

Ist Maschinenstrom zur Verfügung (z. B. auf Schiffen), so wendet man vortheilhaft diesen an, indem man durch einen Abzweigwiderstand die für die Anlage erforderliche Theilspannung von der gesammten Netzspannung abnimmt. (Siehe Fig. 216a.) Ebenso kann man bei vorhandener Akkumulatorenbatterie an eine bestimmte Theilzahl der Zellen die Anlage anschließen.

Verwendung der Signalapparate. Die elektrischen Signalapparate der beschriebenen Art für Kommando- und Zeichenübermittelung kommen in den verschiedensten Anwendungsformen in Gebrauch. Sie vermitteln in Befestigungen den Verkehr zwischen den Kommandeur- und Geschützständen. Durch sie erhalten die Geschützstände vom Entfernungsmesserstande Angaben für Seiten- und Höhenstellung der Geschütze. Zu Schiffskommandoapparaten dienen sie als sogenannte Maschinen-

telegraphen, Ruder- und Docktelegraphen, Kesseltelegraphen und als Ruderlagezeiger. Sämmtliche Apparattypen können nach demselben Prinzip gebaut werden. Sie weichen nur je nach ihrem Gebrauchszweck in der konstruktiven Zusammensetzung einzelner Theile voneinander ab.

Von Schaltungen kommen hauptsächlich drei in Betracht:

1. Von einer Stelle aus wird nach einer oder mehreren Stellen gleichzeitig dasselbe Zeichen gegeben. Die erste Stelle ist nur Geberstation, alle übrigen Stellen sind nur Empfängerstationen, z. B. vom Entfernungsmesserstand einer Küstenbefestigung wird nach allen Geschützständen gleichzeitig dieselbe Seiten- oder Höhenstellung gegeben, oder vom Ruder eines Schiffes aus wird nach verschiedenen Beobachtungsstellen die Ruderlage angezeigt.

2. Von einer Stelle aus wird nach einer oder nach mehreren Stellen gleichzeitig dasselbe Zeichen gegeben. Alle Stationen sind aber gleichmäßig eingerichtet als Geber- und Empfängerstation; von jeder Station aus können nach allen anderen hin dieselben Zeichen gegeben werden, z. B. Befehle vom Kommandeurstand nach den Geschützständen; Antworten und Mittheilungen von diesen nach den ersteren zurück, oder Verkehr zwischen Maschinenstationen und Kesselräumen an Bord.

3. Eine Station giebt nach einer zweiten eine Mittheilung. Zum Zeichen, daß die Mittheilung bemerkt worden ist, giebt die angerufene Station dieselbe Mittheilung als Quittung nach der gebenden Station zurück. (Der Maschinentelegraph; siehe Bild in Fig. 216, Schema in Fig. 216a).

Fig. 216. Maschinentelegraph.

In den beiden ersten Fällen ist als Kontrolapparat auf der Geberstation ein Elektromagnetsystem mit Signalscheibe aufgestellt, welches mit den übrigen Empfängersystemen hintereinander geschaltet ist, also von den gleichen Strömen wie die übrigen durchflossen wird.

Im dritten Falle bildet den Kontrolapparat ein Zeiger, der mit der Kurbel des Geber-Umschalters oder Kommutators in Verbindung steht,

während das in der Station befindliche Elektromagnetsystem lediglich als Empfänger des Befehls oder der Quittung dient und nur von den Strömen durchflossen wird, die auf der entfernten Station erzeugt werden.

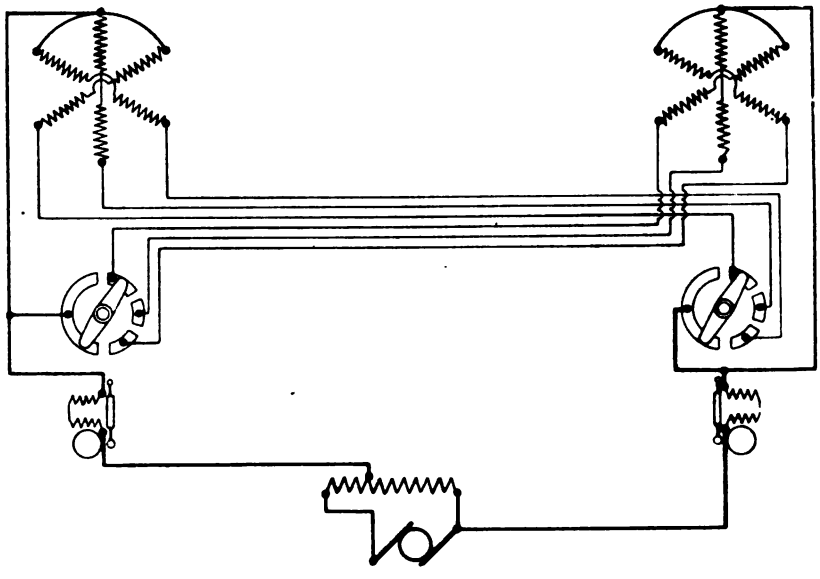


Fig. 216a. Leitungsschema einer Maschinentelegraphenanlage mit Wecker und Maschinenstrombetrieb.

4. Allgemeine Regeln und Winke für die Installation von Signalanlagen.

Man fertige sich zunächst ein für die beabsichtigten Zwecke geeignetes Schaltungsschema an, aus dem man die für die Anlage erforderlichen Apparate und Leitungen ersehen kann. Die Leitungsführung und die Anbringung der Apparate ist den vorhandenen Räumlichkeiten anzupassen. Die Apparate sind so aufzustellen, daß sie vor fahrlässigen oder muthwilligen Beschädigungen sowie vor den schädlichen Einflüssen von Feuchtigkeit, Säuren und Dämpfen möglichst geschützt sind. Apparate, an denen abgelesen und eingestellt werden muß, sind gut sichtbar und leicht zugänglich aufzustellen. Die Batterien sollen an trockenen, nicht zu warmen und frostfreien Orten in besonderen Schränken aufgestellt werden. Batterien und Leitungen müssen zu den Apparaten passend gewählt werden; es ist dazu erforderlich, daß man den Widerstand und die zum guten Funktioniren nöthige Stromstärke der Apparate kennt. Der Widerstand der Leitungen kann aus Tabellen leicht entnommen werden. Bei der Bestimmung des Leitungsquerschnittes ist auf die mechanische Festigkeit vor allen Dingen zu achten; unter 0,7 mm Durchmesser bei Kupferdraht zu gehen, ist nicht empfehlenswerth, dieser ist auch nur bei geringen

Entfernungen verwendbar. In Kabelleitungen wählt man am besten Gummiadern wegen des bequemen Anschlusses an die Apparatklemmen. Für gute Isolirung der Leitungen und Apparate ist ganz besonders zu sorgen.

5. Unterhaltung der Signalanlagen.

Bei ordnungsgemäßer Installation beschränkt sich die Unterhaltung der Anlage auf die Instandhaltung der Batterien und der Kontakte der Apparate. Zur Prüfung der Batterie benutzt man einen sogenannten Batterieprüfer oder bei roher Methode einen Wecker, welcher durch ein oder zwei gute Elemente zum Läuten gebracht wird. Ueber die sonstige Behandlung der Batterien vergl. S. 43 u. ff.

An Leitungen (namentlich Ruhestromleitungen) treten bei Nebenschlüssen und Isolationsfehlern durch die elektrolytische Wirkung des Stromes Oxydationsprozesse auf, welche den Leiter allmählich zerstören, so daß er durch eine neue Leitung ersetzt werden muß.

6. Betriebsstörungen und Fehler.

Fehler in Signalanlagen werden in gleicher Weise wie in Telegraphen- und Telephonanlagen aufgesucht durch getrennte Untersuchung von Leitung, Batterie und Apparaten und durch systematische Untertheilung und Eingrenzung, durch genaue Besichtigung und durch Ersetzen vermuthlich schlechter Theile durch gute. Wenn alle diese Mittel nicht zum Ziele führen, so muß man zu elektrischen Meßmethoden, wie auf S. 74 beschrieben, schreiten.

Abschnitt V.

Die Starkstromtechnik.

1. Entwickelung und Bereich der Starkstromtechnik.

Das wirksamste Mittel zur Erzeugung starker elektrischer Ströme bietet die Magnetoinduktion (vergl. S. 11). Die elektromotorischen Kräfte werden dabei durch Bewegung und die elektrischen Arbeiten durch Aufwand von mechanischen Arbeiten hervorgebracht. Für technische Zwecke wird diese Art der Erzeugung von Elektrizität fast ausschließlich angewendet. Schon wenige Jahre nach der Entdeckung der Induktionsströme durch Faraday wurde die erste Maschine gebaut, welche kontinuirliche elektrische Ströme erzeugte. Ein Hufeisenmagnet wurde um seine Achse gedreht, wobei die Polenden desselben an Drahtspulen mit Eisenkernen vorübergingen. Solche Maschinen mit permanenten Stahlmagneten nennt man magnetoelektrische Maschinen. Sie wurden bald so vervollkommnet, daß ihre Wirkung die der bekannten Batterien weit übertraf. Als der eigentliche Anfang der Entwickelung der Elektrotechnik ist jedoch die Erfindung der dynamoelektrischen Maschinen (1867 Werner v. Siemens) anzusehen, in welcher statt der Stahlmagnete ungleich kräftigere Elektromagnete verwendet werden.

Nachdem das Mittel gefunden war, große Elektrizitätsmengen sowohl von hoher Stromstärke als auch von hoher elektromotorischer Kraft einfach und billig zu erzeugen, gelang es der Technik, die elektrische Beleuchtung immer mehr einzuführen, durch Vervollkommnung der Lampen für Bogenlicht und Glühlicht, durch sorgfältige Ausarbeitung einer großen Reihe von Nebenapparaten und den verschiedenen Bedürfnissen sich anpassenden Systemen. Hervorragende Bedeutung erlangten die elektrischen Akkumulatoren und Transformatoren, von denen die ersten gestatten, die von den Maschinen erzeugte Elektrizität anzusammeln und längere Zeit aufzuspeichern, und die letzten ermöglichen, elektrische Energie von hoher Stromstärke und geringer Spannung in solche von geringer Stromstärke und hoher Spannung umzuformen, und umgekehrt.

An die elektrische Beleuchtung reihte sich die elektrische Arbeitsübertragung. Es waren wohl schon früher durch galvanische Batterien magneto-

elektrische Maschinen in Bewegung gesetzt worden, aber erst nach dem Ersatz der Batterien und Magnetmaschinen durch dynamoelektrische Maschinen konnte die elektrische Arbeitsübertragung allgemeiner eingeführt werden sowohl im Kleingewerbe, als auch in der Großindustrie und besonders im Bahnbetriebe.

Erwähnt sei auch noch die Verwendung sehr starker Ströme zu elektrochemischen Zwecken bei der Metallgewinnung, die Herstellung des Calciumcarbids für Acetylengasgewinnung in der großen Hitze des elektrischen Lichtbogens, und die Ausnutzung der Elektrizität für Heiz-, Koch-, Löth- und Schweißzwecke.

2. Die Stromerzeuger (Generatoren).

Die Haupttheile einer elektrischen Maschine sind das Magnetsystem (Feldmagnete, Magnetschenkel) und die Armatur oder der Anker. Haupttheile einer Dynamomaschine.

Das Magnetsystem dient zur Herstellung des erforderlichen magnetischen Feldes und besteht in einem Elektromagneten, dessen Kern aus Gußeisen, Schmiedeeisen, Stahlguß oder Eisenblechen besteht. Die Anordnung des Magnetsystems ist sehr mannigfaltig in Bezug auf die Bewickelung, Polzahl und Lage zum Anker, der sich in dem magnetischen Felde drehen muß.

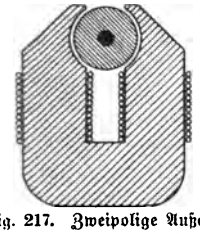


Fig. 217. Zweipolige Außenpoltype. Schenkel bewickelt.

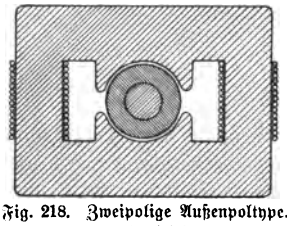


Fig. 218. Zweipolige Außenpoltype. Joch bewickelt.

Fig. 219. Vielpolige Außenpoltype.

Fig. 220. Vierpolige Innenpoltype.

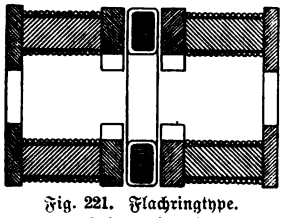


Fig. 221. Flachringtype. (Seitenpoltype.)

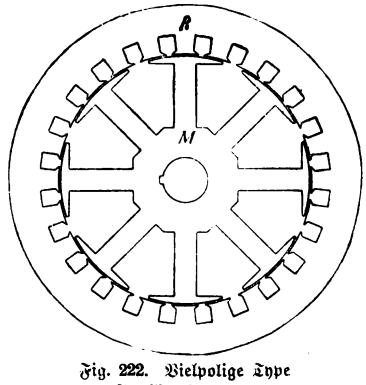


Fig. 222. Vielpolige Type für Wechselstrom.

Man unterscheidet danach zweipolige (Fig. 217 und 218) und mehrpolige (Fig. 220 vierpolig, Fig. 219 achtpolig) Maschinen, oder auch Außenpol- (Fig. 217, 218, 219), Innenpol- (Fig. 220) und Seitenpol- (Fig. 221 Schuckerts Flachring-) Maschinen. Fig. 222 zeigt eine vielpolige Type für Wechselstrom. Vergl. S. 128.

Der Anker ist in der Regel ein aus Blechen zusammengesetzter, um eine Achse drehbarer Eisenkörper, der entweder Ringform oder Cylinderform (Ringanker, Trommelanker) hat. Dieser Eisenkern ist mit einer fortlaufenden Wickelung isolirten Kupferdrahtes versehen, die entweder auf der Oberfläche aufliegt (glatter Anker) oder in Vertiefungen verschiedenster Form eingebettet ist (Nutenanker).

Diejenigen Drähte der Wickelung, welche bei der Drehung des Ankers vor den Polen der Feldmagnete vorübergehen, müssen so geführt sein, daß sie senkrecht zur Richtung der Kraftlinien und senkrecht zur Richtung der Bewegung verlaufen, also bei Außen- und Innenpolmaschinen axial, bei den Flachringmaschinen radial.

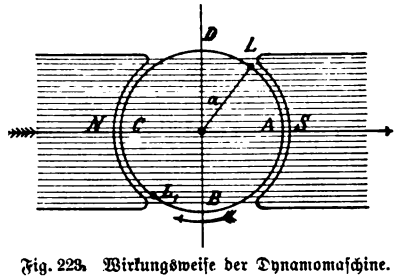


Fig. 223. Wirkungsweise der Dynamomaschine.

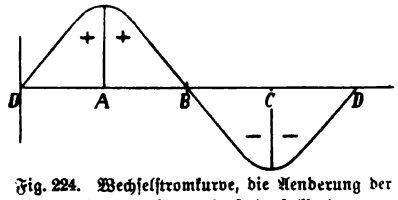


Fig. 224. Wechselstromkurve, die Aenderung der elektromotorischen Kraft darstellend.

Die Wirkungsweise einer Dynamomaschine.

In Fig. 223 seien N und S die Pole eines Magneten, in der Bohrung der Polschuhe ist drehbar der eiserne Ankerkörper gelagert. Er gestattet den Kraftlinien des Magneten einen bequemen Weg von N nach S, so daß sich ein kräftiges gleichmäßiges Magnetfeld in dieser Richtung bilden kann. Verfolgt man nun die Vorgänge in einem Drahte L der Ankerwickelung, während der Anker sich im Sinne des Uhrzeigers dreht, so sieht man, daß die Bewegung des Leiters L in den Punkten B und D in die Richtung der Kraftlinien fällt, mit den Punkten A und C aber senkrecht dazu steht. Im ersten Falle werden also während einer kurzen Zeitdauer gar keine Kraftlinien den Leiter schneiden, im zweiten Fall wird die Zahl der schneidenden Kraftlinien ein Maximum sein, an Stellen zwischen den vier Punkten werden Mittelwerthe auftreten. Entsprechend der in der Zeiteinheit schneidenden Zahl von Kraftlinien werden aber in dem Leiter elektromotorische Kräfte erzeugt, die also auf dem Wege von D bis A von Null bis zu einem Maximum ansteigen, von A bis B wieder bis zu Null abnehmen. Auf der linken Seite von B ändert sich die gegenseitige Richtung, in der Leiter und Kraftlinien sich schneiden. Nach den Gesetzen der Induktion ändert sich alsdann auch die Richtung der elektromotorischen Kraft, sie wird also wieder

wachsen bis zum Maximum bei C, aber mit entgegengesetztem Vorzeichen, und von da ab bis D wieder bis zu Null abnehmen. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jeder Umdrehung einmal, die Art der Aenderung der elektromotorischen Kraft zeigt Fig. 224.

Der Leiter L_1 liegt dem Leiter L genau um 180° gegenüber, die Größe seiner elektromotorischen Kraft ist der von L an Größe stets gleich, an Richtung entgegengesetzt. Verbindet man beide Leiter an der einen Stirnfläche des Ankers, so addiren sich die beiden elektromotorischen Kräfte, und wenn man auf der anderen Seite den Kreis schließt, so entsteht in ihm ein elektrischer Strom, der einen ähnlichen Verlauf zeigt, wie die elektromotorischen Kräfte. Einen solchen Strom, der periodisch nach Stärke und Richtung sich ändert, nennt man einen *Wechselstrom*.

Wechselstrommaschine.

Nimmt man statt der einen Windung eine ganze Anzahl von Windungen rings um den Umfang des Ankers vertheilt, schaltet sie hintereinander und schließt die Enden aneinander, so heben sich in diesem inneren Wickelungskreise die elektromotorischen Kräfte auf; sobald aber an zwei entgegengesetzt liegenden Punkten der geschlossenen Wickelung die Enden eines äußeren Leitungskreises angelegt werden, so entsenden die beiden nun parallel geschalteten Wickelungshälften einen Wechselstrom in den äußeren Leitungskreis, man hat alsdann eine *Wechselstrommaschine*. Da die beiden entgegengesetzt liegenden Punkte der Wickelung fortwährend ihre Lage ändern, so ist eine besondere Anordnung zur Stromabnahme von außen zu treffen, die darin besteht, daß von den beiden Punkten Verbindungsdrähte nach zwei metallenen, isolirt auf der Achse sitzenden Schleifringen geführt werden. Von diesen Schleifringen führen leitende Bürsten oder Pinsel den Strom zu den Polklemmen der Maschine. Meist läßt man bei Wechselstrommaschinen den Anker feststehen und das Magnetsystem rotiren. Dann wird durch die Schleifringe der Elektromagnetwickelung der Erregerstrom zugeführt, während die Abzweigpunkte der Ankerwickelung direkt mit den Anschlußklemmen verbunden werden. Fig. 251. Die Wechselstrommaschinen werden meist vielpolig gebaut, Form und Ausführung ist sehr verschieden. Für den praktischen Gebrauch ändert der Strom seine Richtung, in der Sekunde etwa 100 Mal, so daß eine Periode, wie in Fig. 224 dargestellt, $^1/_{50}$ Sekunde dauert.

Man kann mit Wechselstrom Glühlicht und Bogenlicht erzeugen, er eignet sich aber nicht für Akkumulatorenbetrieb und für elektrochemische Zwecke, auch für Motorenbetrieb ist er nicht ohne Weiteres gut zu verwenden. (Vergl. S. 130.)

Der Kommutator.

Will man, daß in der Anordnung der Fig. 223 die mit einander verbundenen Leiter L und L_1 in den äußeren Stromkreis den Strom stets in der gleichen Richtung senden, so muß man die Schleifbürsten in dem Momente miteinander vertauschen, wenn L und L_1 in der neutralen Achse stehen und die elektromotorischen Kräfte in ihm ihre Richtung ändern, d. h. man muß dann Bürste B_1 mit L und B mit L_1 in leitende Verbindung bringen. Das

geschieht mit Hülfe des Kommutators. Man läßt nämlich die Bürsten nicht auf zwei vollen Ringen schleifen, sondern nur auf einem Ring, der aber in zwei von einander isolirte Hälften getheilt ist; an die eine Hälfte ist L, an die andere L_1 angeschlossen. Fig. 225.

Jetzt lassen sich die diametral angeordneten Bürsten so einstellen, daß jedesmal beim Durchgang der Leiter L und L_1 durch die neutrale Achse, während die Stromstärke Null ist, ihre Verbindung mit den Kommutatorsegmenten wechseln, so daß im äußern Stromkreise ein sogenannter pulsirender Gleichstrom fließt (Fig. 226), der zwar immer die gleiche Richtung, aber stets wechselnde Stärke hat.

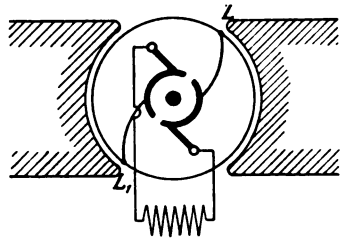


Fig. 225. Maschine mit zweitheiligem Kommutator für pulsirenden Gleichstrom.

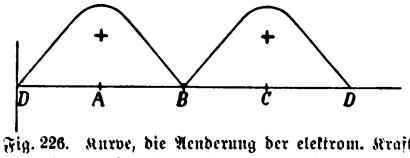


Fig. 226. Kurve, die Aenderung der elektrom. Kraft eines pulsirenden Gleichstroms darstellend.

Gleichstrommaschine.

Nimmt man nun wieder statt der einen Windung L, L_1 viele fortlaufend hintereinander geschaltete Windungen und führt von vielen gleichmäßig vertheilten Stellen der Gesammtwickelung aus Verbindungen an entsprechende Kommutatorsegmente, so kann man dadurch erreichen, daß der Strom im Außenleiter auch stets in praktisch gleicher Stärke fließt. Man hat damit eine Gleichstrommaschine. Fig. 227 stellt eine zweipolige Gleichstrommaschine mit Ringanker dar. Die Windungen bilden einen fortlaufenden, in sich geschlossenen Kreis; in gleichen Abständen führen Verbindungen von der Wickelung zum Kommutator. Die Bürsten stehen in der neutralen Achse zwischen den Polen. In allen Windungen rechts von der neutralen Achse wird die elektromotorische Kraft in der gleichen Richtung erzeugt. Die elektromotorischen Kräfte addiren sich und erzeugen einen Strom, der in der Wickelung von A nach B, im Außenleiter von B nach A fließt. — Die Richtung der elektromotorischen Kraft und damit die Pole in einer Maschine lassen sich nach der Ampèreschen Regel und den Induktionsgesetzen (vergl. S. 12) bestimmen. Bequemer ist aber im Bedarfsfall die Verwendung von Polreagenzpapier (der negative Pol wird roth). — In allen Windungen links von der neutralen Achse ist die elektromotorische Kraft entgegengesetzt gerichtet;

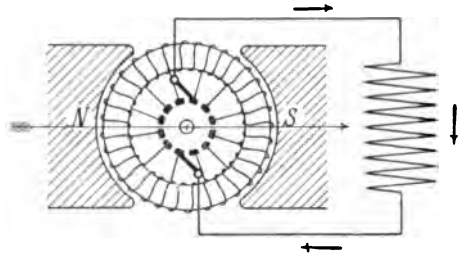


Fig. 227. Schematische Darstellung einer zweipoligen Gleichstrommaschine mit Ringanker.

der durch sie erzeugte Strom fließt daher gleichfalls in der linken Wickelungshälfte von A nach B und im Außenleiter von B nach A. Beide Hälften arbeiten also parallel, wie zwei parallel geschaltete galvanische Elemente. Je größer die Zahl der Kommutatorsegmente ist, desto weniger ändert sich die Wickelungsanordnung zu beiden Seiten der neutralen Achse beim Kurzschluß zweier Segmente unter der Bürste, desto gleichmäßiger verläuft auch der Strom. Bei der Innenpolmaschine kann die Außenseite der Wickelung direkt als Kommutator benutzt werden. Bei mehrpoligen Maschinen bilden sich mehrere neutrale Achsen, und es werden im Allgemeinen so viele Bürstengruppen zur Stromabnahme erforderlich, als Polpaare vorhanden sind.

Fig. 228. Vieltheiliger Kommutator.

Fig. 229. Bürstenhalter mit Bürste.

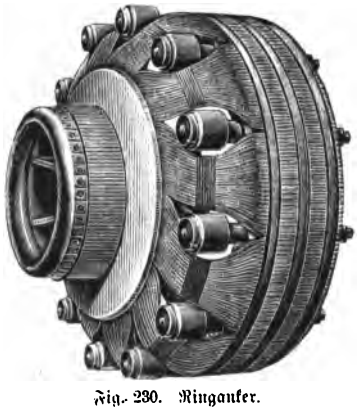


Fig. 230. Ringanker.

Fig. 231. Trommelanker mit Drahtwickelung.

Fig. 232. Trommelanker mit Stabwickelung.

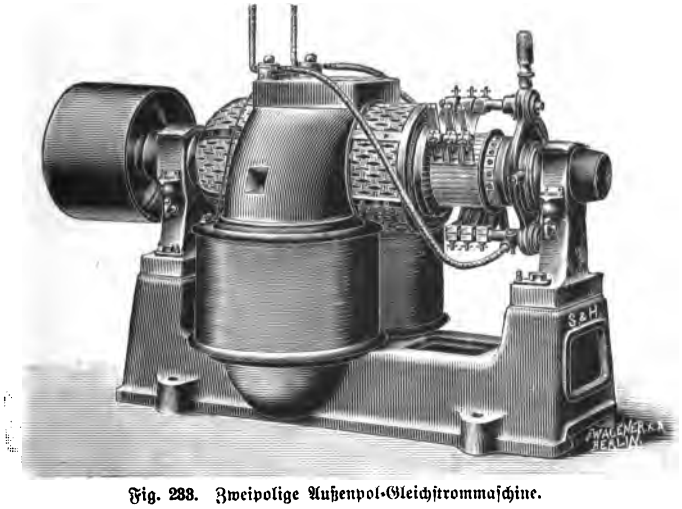


Fig. 233. Zweipolige Außenpol-Gleichstrommaschine.

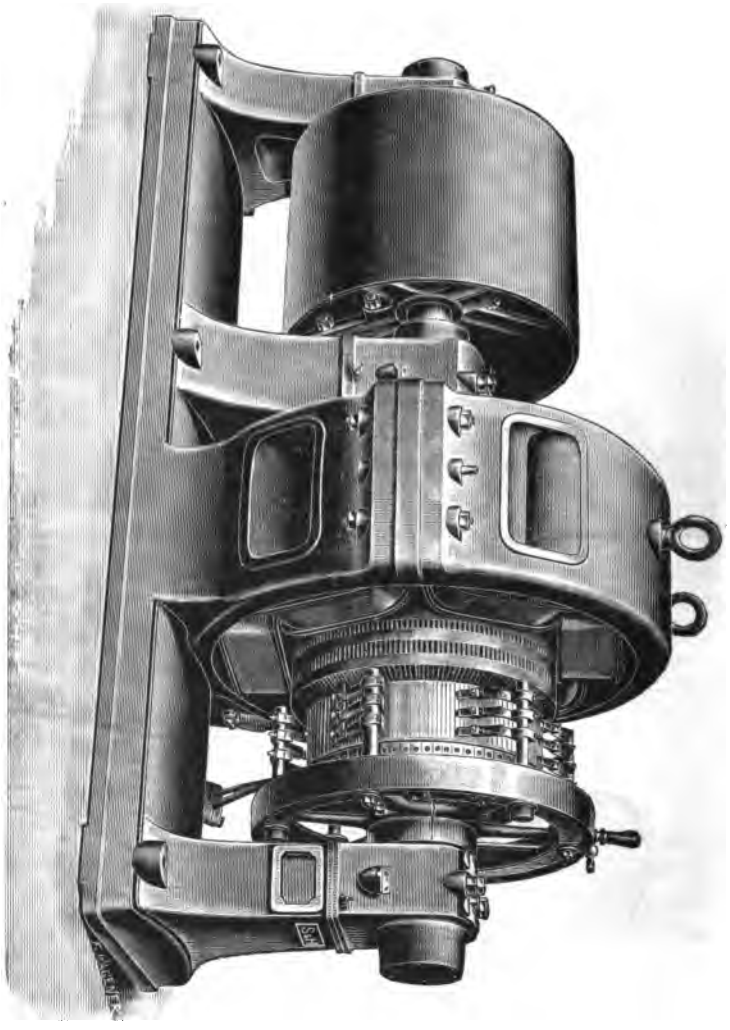


Fig. 284. Sechspolige Außenpol-Gleichstrommaschine.

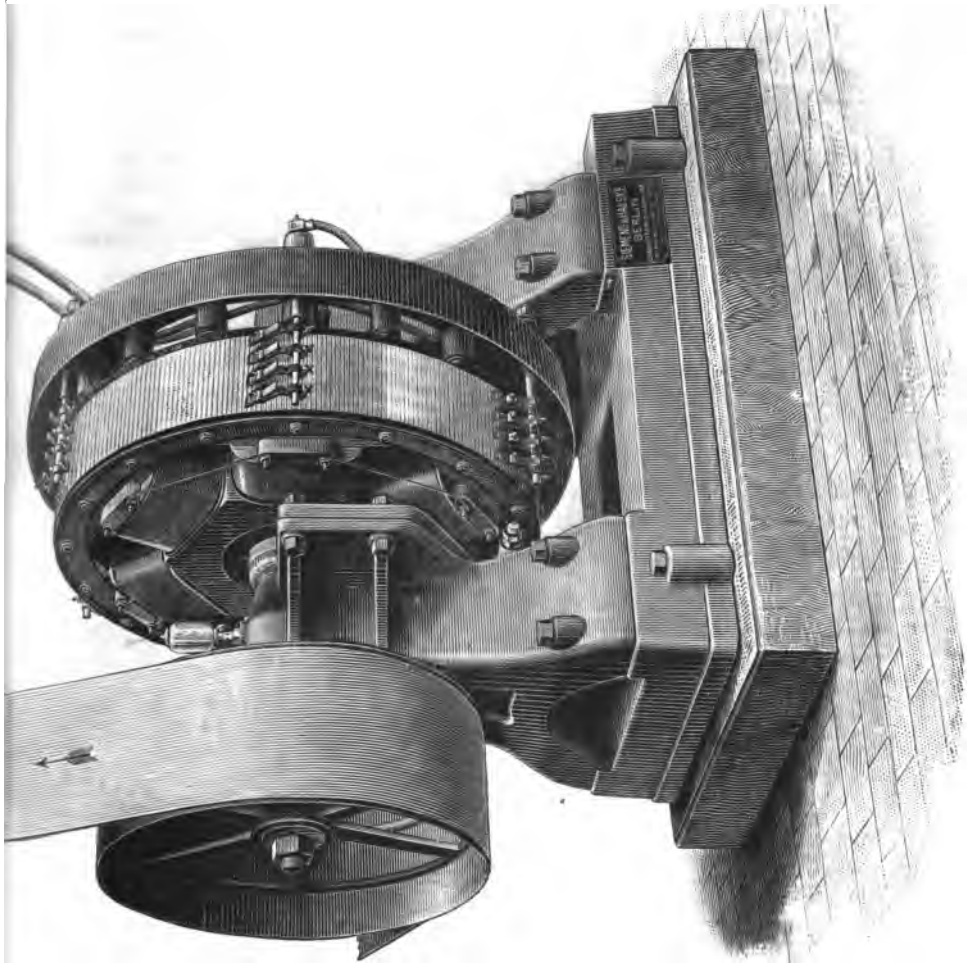


Fig. 235. Sechspolige Innenpol-Gleichstrommaschine ohne besonderen Kommutator.

Fig. 228 bis 232 stellen Kommutator, Bürstenhalter und Anker von Gleichstrommaschinen dar; Fig. 233 bis 235 zeigen komplete Gleichstrommaschinen.

Die Erregung der Dynamomaschinen. Das dynamoelektrische Prinzip.

Die Wechselstrommaschinen bedürfen zu ihrer Erregung, d. h. Magnetisirung der Elektromagnete, einer besonderen Gleichstromquelle; Gleichstrommaschinen dagegen können sich selbst erregen, indem der geringe remanente Magnetismus in dem Eisen der Feldmagnete hinreicht, bei Bewegung des Ankers in demselben geringe elektromotorische Kräfte zu induziren. Durch diese läßt man einen geringen Strom in der Wickelung der Magnete erzeugen, so daß sie den remanenten Magnetismus verstärken, dadurch wird wiederum die elektromotorische Kraft des Ankers erhöht, so daß er einen kräftigeren Magnetisirungsstrom in die Schenkelwickelung senden kann. Die gegenseitige Steigerung von elektromotorischer Kraft des Ankers und Magnetismus geht schnell vor sich und dauert bei passender Wahl der Verhältnisse genau so lange, bis der gewünschte normale Betrieb erreicht ist. Diese sehr wichtige Eigenschaft der Gleichstrommaschinen bezeichnet man als „Dynamoelektrisches Prinzip".

Schaltungen der Gleichstrommaschinen.

Um vom Anker der Maschinen der Schenkelwickelung den zur Magnetisirung erforderlichen Strom zuzuführen, sind drei verschiedene Schaltungen in Gebrauch, nach denen zugleich die Maschinen benannt werden.

Die älteste Art ist die Hauptstrommaschine, auch Serien- oder Reihenschaltungsmaschine genannt. Der gesammte Ankerstrom wird durch die aus wenig Windungen dicken Drahtes bestehende Schenkelwickelung und von da erst in den äußeren Stromkreis geführt. Fig. 236.

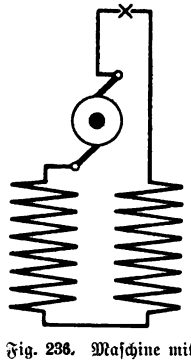


Fig. 236. Maschine mit Hauptstromwickelung.

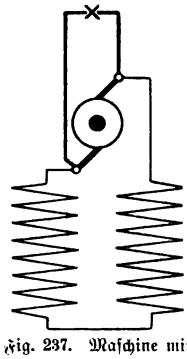


Fig. 237. Maschine mit Nebenschlußwickelung.

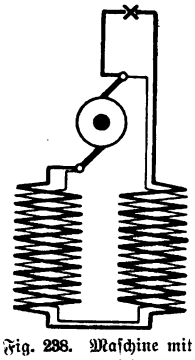


Fig. 238. Maschine mit gemischter Wickelung.

Wird nur ein Theil des Ankerstromes von den Bürsten abgezweigt und in die aus vielen Windungen dünnen Drahtes bestehende Schenkelwickelung geführt, so hat man die Nebenschlußmaschine. Fig. 237.

Sind beide Schaltungen an einer Maschine vereinigt, so erhält man eine Maschine mit gemischter Wickelung (auch Compoundmaschine oder Gleichspannungsmaschine genannt). Fig. 238.

Die erste Schaltungsart wird hauptsächlich da angewendet, wo konstante Stromstärke bei variabler Spannung geliefert werden soll, die beiden letzten da, wo bei variabler Stromentnahme die Spannung konstant bleiben soll. Die Gleichspannungsmaschinen reguliren sich selbstthätig. Die Nebenschlußmaschinen werden durch einen Regulirwiderstand im Schenkelkreis (Fig. 239 und 240) regulirt; sie sind wohl am meisten in Gebrauch und sind gleich gut für Parallelschaltung und Akkumulatorenbetrieb zu verwenden.

Leistung der Dynamomaschinen.

Einer bestimmten Größe einer Maschine entspricht im Allgemeinen bei gegebener Umdrehungszahl auch eine bestimmte Leistung. Die elektrische Arbeit kann aber in beliebiger Form entnommen werden. Bei wenigen Ankerwindungen aus dicken Drähten oder Stäben erhält man große Stromstärken bei geringer Spannung; bei vielen Ankerwindungen aus dünnem Draht erhält man geringe Stromstärken bei hoher Spannung. Die Umdrehungszahl einer Maschine wird begrenzt durch die mechanische Festigkeit und durch die in den Eisenblechen erzeugte Erwärmung durch Ummagnetisirung und Wirbelströme. Außer diesen Verlusten im Ankereisen treten auch noch Verluste in der Anker- und Schenkelwickelung durch Stromwärme auf, dazu kommt noch Lagerreibung und Luftwiderstand, so daß also nicht die gesammte aufgewendete mechanische Energie in nutzbare elektrische Energie umgewandelt wird. Der Wirkungsgrad einer mittelgroßen Dynamomaschine beträgt etwa 85 %, bei großen Typen steigt er über 90 %, bei kleineren Typen ist er geringer. Die inneren Verluste bedingen eine Temperaturzunahme in Anker und Schenkeln, als zulässig betrachtet man 40 bis 50° C über umgebende Lufttemperatur.

Fig. 239. Nebenschlußregulirwiderstand.

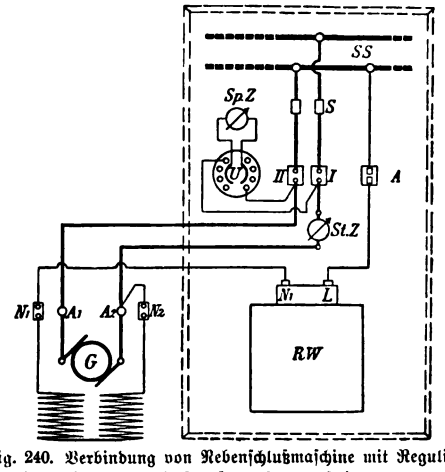


Fig. 240. Verbindung von Nebenschlußmaschine mit Regulirwiderstand. Anschluß an Sammelschienen.

Wartung der Dynamomaschinen.

Die Bürsten müssen mit sanftem Druck auf Schleifring oder Kommutator aufliegen. Bei Gleichstrommaschinen müssen die verstellbaren Bürsten genau auf funkenlosen Gang der Maschine eingestellt werden. Bei stark schwankenden Belastungen verwendet man auch zur Vermeidung des Feuers und zur Schonung des Kommutators Kohlenplatten oder Kohlenklötze. Die Lager sind durch achtsames Schmieren vor Heißlaufen und Festfressen zu schützen;

bei modernen Maschinen wird meist Ringschmierung angewendet, die wochenlang keiner Wartung bedarf. Feuchtigkeit ist besonders von den Maschinen fernzuhalten, um nicht die Betriebssicherheit durch Isolationsfehler zu gefährden.

3. Die stromaufnehmenden Maschinen (Elektromotoren).

Wirkungsweise der Elektromotoren.

Kommt in der Ankerwickelung eines Generators durch Anschließen eines äußeren Leitungskreises ein Strom zu Stande, so treten Kräfte auf, welche die Wickelung und den mit ihr verbundenen Eisenkern an der Bewegung zu hindern suchen. Es wird Kraft und Arbeit erforderlich, um die stromdurchflossenen Windungen durch das magnetische Feld zu führen, und zwar muß die Kraft um so größer sein, je stärker das magnetische Feld und je größer die entstandene Stromstärke ist.

Würde nicht zugleich mit dem Aufhören der Bewegung der Strom verschwinden, so bliebe die der Bewegung entgegenwirkende Kraft bestehen und der Anker würde sich in entgegengesetzter Richtung drehen. Dieselbe Wirkung erreicht man, wenn man den Strom in der Wickelung nicht erst durch Bewegung erzeugt, sondern von einer besonderen Elektrizitätsquelle aus durch die Wickelung hindurchschickt. Es kann also durch dieselbe Maschine als Stromerzeuger mechanische Arbeit in elektrische Arbeit und als Stromnehmer elektrische Arbeit in mechanische Arbeit umgesetzt werden. Es werden daher im Allgemeinen dieselben Maschinen als Generatoren (Primärmaschinen) und Motoren (Sekundärmaschinen) verwendet werden können.

Eintheilung der Elektromotoren.

Je nach der verwendeten Stromart unterscheidet man:

Gleichstrommotoren und
Wechselstrommotoren.

Die ersteren zerfallen entsprechend der Eintheilung der Generatoren in:

a) Motoren mit Stahlmagneten,
b) " " Reihenschlußwickelung,
c) " " Nebenschlußwickelung,
d) " " gemischter Wickelung.

Eigenschaften der Gleichstrommotoren.

Ueber die Eigenschaften der Gleichstrommotoren läßt sich eine Reihe von Sätzen aufstellen:

1. Die Zugkraft des Motors ist proportional der Feldstärke und der Stromstärke in der Ankerwickelung.

2. Der Motor kehrt seine Drehrichtung um, wenn entweder die Stromrichtung in der Ankerwickelung oder die in der Schenkelwickelung umgekehrt wird.

Wird die Stromrichtung in beiden Wickelungen zugleich umgekehrt, so bleibt die Drehrichtung dieselbe.

3. **Der Motor regulirt selbstthätig seinen Strom- und Energieverbrauch nach der Belastung.**

Dieser Satz soll im Nachstehenden an einem Nebenschlußmotor erklärt werden. Es wird angenommen, daß der Motor an eine Elektrizitätsquelle von konstanter Spannung angeschlossen ist, daß also die Schenkelwickelung immer von dem gleichen Strom durchflossen wird, mithin die Feldstärke dieselbe bleibt. Der Motor sei zunächst unbelastet. Beim Anschließen des Motors an die Elektrizitätsquelle fließt in die Ankerwickelung, die nur geringen Widerstand hat, entsprechend dem Ohmschen Gesetz, eine sehr hohe Stromstärke, mithin wird die Zugkraft oder das Drehmoment des Motors sehr groß sein. Da keine Belastung vorhanden ist, so wirkt die Zugkraft beschleunigend und der Motor setzt sich energisch in Bewegung. Sobald sich nun aber der Anker in dem Magnetfeld dreht, wird in seiner Wickelung gemäß dem Induktionsgesetz eine elektromotorische Kraft induzirt, welche der Spannung der Elektrizitätsquelle entgegengesetzt gerichtet ist; es wirkt in dem Ankerstromkreis deshalb nur noch die Differenz der Klemmenspannung und dieser elektromotorischen Gegenkraft, folglich muß die Stromstärke und die Zugkraft kleiner werden, je größer die Geschwindigkeit und damit die elektromotorische Gegenkraft des Ankers wird. Die ideale Grenze würde erreicht sein, wenn die elektromotorische Gegenkraft gleich der Klemmenspannung geworden wäre, da alsdann Strom und Zugkraft Null sind. Diese Grenze wird praktisch aber nicht ganz erreicht, da eine gewisse Zugkraft erforderlich wird, um die Lagerreibung und den Luftwiderstand zu überwinden. Die maximale Geschwindigkeit wird von der Klemmenspannung des Motors abhängig sein. Wird nun der Motor belastet, so reicht der Leerlaufstrom nicht mehr aus, um die dem Widerstand entsprechende Zugkraft zu erzeugen; die Geschwindigkeit des Motors wird geringer, dadurch aber auch die elektromotorische Gegenkraft des Ankers, so daß ein größerer Strom durch den Anker geht, der dem Motor eine größere Zugkraft verleiht. Wegen des geringen Ankerwiderstandes bedarf es nur einer kleinen Geschwindigkeitsänderung, um die erforderliche Zugkraft herzustellen. Sobald das Gleichgewicht zwischen Zugkraft und Belastung vorhanden ist, läuft der Motor mit konstant bleibender Geschwindigkeit weiter. Zwischen Leerlauf und Vollbelastung schwankt die Umdrehungszahl etwa um 3 bis 5%, bleibt also praktisch nahezu dieselbe.

Bei einem Reihenschlußmotor ändert sich die Umdrehungszahl mit der Belastung viel bedeutender, weil das magnetische Feld nicht konstant bleibt. Der Reihenschlußmotor entwickelt beim Anlauf eine sehr große Zugkraft, er hat aber das Bestreben, bei Leerlauf durchzugehen; er eignet sich gut für Bahn- und Krahnbetrieb.

4. **Ein Motor läuft langsamer, wenn man Widerstand vor seinen Anker schaltet. Da nämlich der vorgeschaltete Widerstand Spannung verzehrt, so braucht der Anker nur eine geringere elektromotorische Gegenkraft zu entwickeln.**

5. **Ein Motor läuft schneller, wenn sein magnetisches Feld geschwächt wird (wenn z. B. beim Nebenschlußmotor Widerstand vor die Schenkelwickelung gelegt wird), weil der Anker in dem schwächeren Feld erst bei höherer Umdrehungszahl die erforderliche Gegenkraft erzeugen kann.**

Das Anlassen und Abstellen der Elektromotoren.

Der Widerstand der Ankerwickelung eines Motors wird möglichst gering gewählt, damit die Verluste durch Stromwärme beim normalen Lauf gering bleiben. Das hat zur Folge, daß beim Einschalten des Motors im ruhenden

Zustand eine außerordentlich hohe Stromstärke in den Anker fließen würde, die der Wickelung schädlich werden könnte. Um dies zu vermeiden, schaltet man zunächst beim Anlauf einen Widerstand vor den Anker, welcher die Stromstärke nicht über eine bestimmte Höhe anwachsen läßt (Anlaßwiderstand).

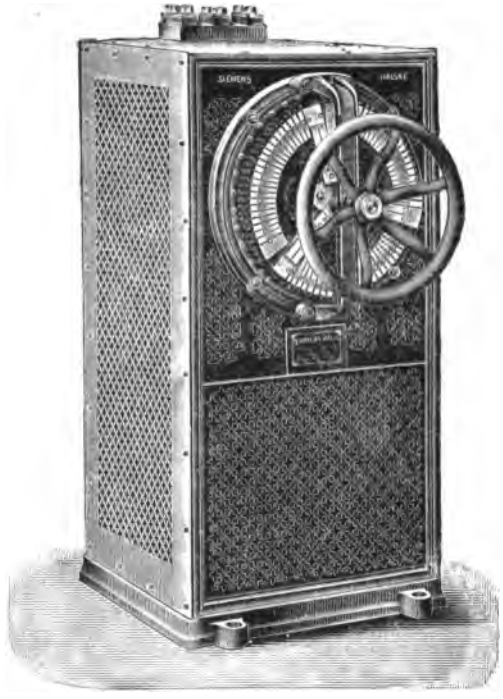


Fig. 241. Anlasser mit Metallkontakten. (Drehstrom S. 135.)

In demselben Maße wie nun die Geschwindigkeit des Motors wächst und die Stromstärke abnehmen will, schaltet man stufenweise den Anlaßwiderstand aus, bis bei erreichter normaler Umdrehungszahl kein Widerstand mehr vor dem Anker ist.

Anlaß- und Umsteuerungsapparate, sowie Schaltungsskizzen für Motor und Anlasser zeigen Fig. 241 bis 245.

Beim Abstellen des Motors benutzt man den gleichen Widerstand, um zunächst die Stromstärke herabzudrücken und alsdann den Motorstromkreis auszuschalten. Während das Anlassen allmählich vor sich gehen soll, wird beim Abstellen zur Vermeidung starker Funkenbildungen am Ausschalter der Widerstand möglichst rasch eingeschaltet, damit der Motor noch bei hoher Umdrehungszahl vom Netz abgeschaltet werden kann.

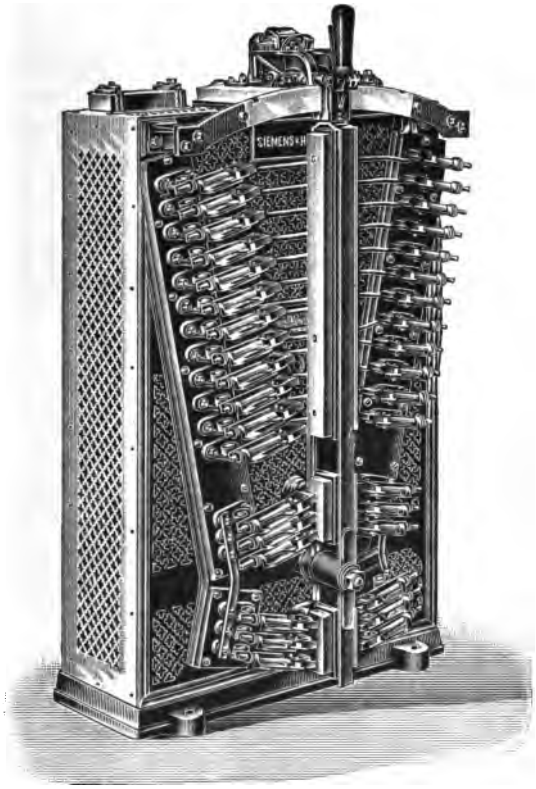


Fig. 242. Anlasser mit Kohlenkontakten, verbunden mit Umsteuerung.

Fig. 242a. Umsteuerungsvorrichtung mit Kohlenkontakten. (Für sich montirt.)

Fig. 243. Flüssigkeitsanlasser.

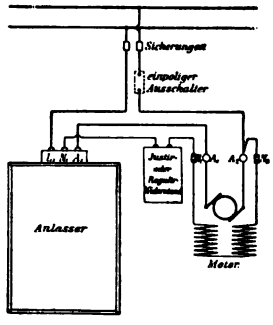


Fig. 244. Verbindung eines Nebenschlußmotors mit seinem Anlasser. Anschluß an das Netz.

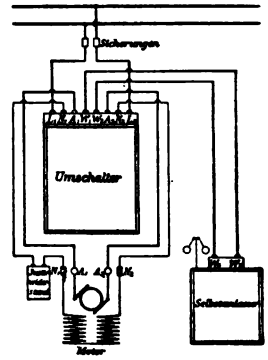


Fig. 245. Verbindung eines Nebenschlußmotors mit Selbstanlasser und Umsteuerung. Anschluß an das Netz.

Wechselstrom. Drehstrom.

Seit einigen Jahren ist die Erzeugung und Verwendung von Wechselstrom wieder mehr in Aufnahme gekommen. Man hat dabei auch den mit Wechselstrom betriebenen Motoren erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet. Dies ist mit besonders gutem Erfolge bei der Herstellung der sogenannten Drehstrommotoren geschehen.

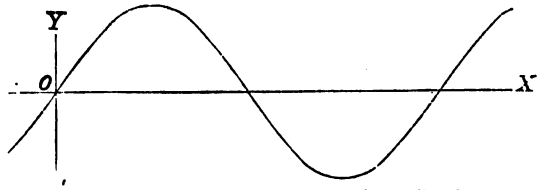


Fig. 246. Darstellung vom Verlauf eines einfachen Wechselstromes.

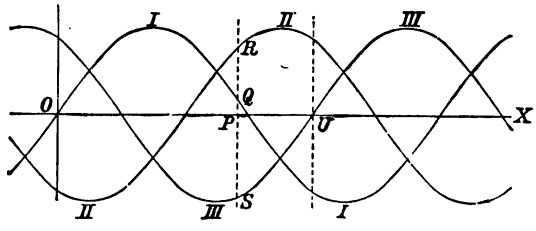


Fig. 247. Darstellung vom Verlauf dreier Wechselströme von 120° Phasenverschiebung. (Drehstrom.)

Definition und Erzeugung des Drehstroms.

Der Drehstrom oder Dreiphasenstrom ist eine Kombination dreier einfacher Wechselströme gleicher Periode, die der Reihe nach um ein Drittel der Periode in ihrem Nullpunkt gegen einander verschoben sind. Die Erzeugung geschieht in besonders konstruirten Wechselstrommaschinen mit dreifacher Wickelung. Fig. 246 und 247 zeigen den Verlauf eines einfachen Wechselstromes und dreier Wechselströme von 120° Phasenverschiebung (Drehstrom). Fig. 248 stellt schematisch dar, in welcher einfachen Weise die zu einem Drehstromsystem erforderlichen drei Wechselströme in einer einzigen

Maschine erzeugt werden können. Fig. 249 und 250 geben eine Art der Wickelung vielpoliger Wechselstrom- und Drehstromerzeuger. In Fig. 251 sieht man das Bild eines vollständigen Drehstromerzeugers gewöhnlicher Ausführung, bei dem die Feldmagnete rotiren und ihren Erregerstrom durch zwei Schleifringe mit Bürsten von einer direkt angebauten Gleichstrommaschine (Erreger), deren Anker mit dem Drehstrommagnetsystem auf gleicher Welle sitzt, erhalten.

Konstruktion und Wirkungsweise des Drehstrommotors.

Der Drehstrom hat die Eigenschaft, in einem Eisenring, der in drei Theilen gleichmäßig bewickelt ist, ein rotirendes magnetisches Feld zu erzeugen. Fig. 252. Noch besser bewickelt man den Ring mit sechs gleichen Wickelungsabtheilungen, von denen je zwei gegenüberliegende mit einander wie in Fig. 253 verbunden sind.

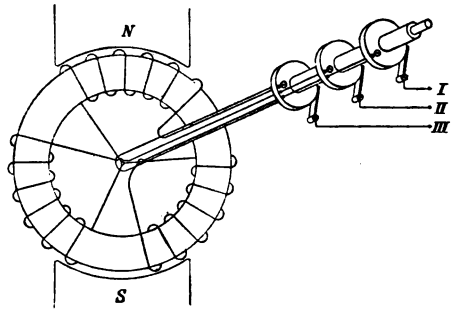


Fig. 248. Schematische Darstellung eines zweipoligen Drehstromerzeugers mit rotirendem Anker.

In das Innere des Ringes wird ein auf einer Achse drehbarer Eisenkern gebracht, welcher der besseren Wirkung wegen mit einer größeren Anzahl gleichmäßig vertheilter Kupferstäbe versehen wird, deren freie Enden an den Stirnflächen des Kernes durch einen Ring sämmtlich miteinander leitend verbunden sind (Kurzschlußanker), oder mit einer besonderen Drehstromwickelung, deren drei Anfänge an Schleifringe geführt werden.

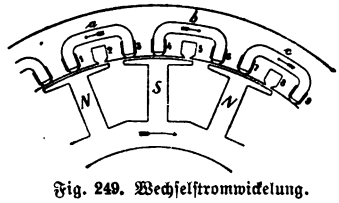


Fig. 249. Wechselstromwickelung.

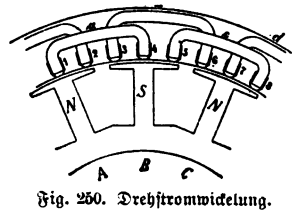


Fig. 250. Drehstromwickelung.

Wie ein derartig gebauter Motor sich unter Strom in Drehung versetzt, kann man sich veranschaulichen an dem Zusammenwirken einer Geber- und Empfängerstation der Seite 108 beschriebenen Signalanlage. Der Geberapparat repräsentirt den Drehstromerzeuger, der Empfängerapparat den Drehstrommotor. Durch die der Reihe nach in den drei Spulensystemen des Empfängers auftretenden Ströme wird ein hier zwar ruckweise sich drehendes Feld erzeugt, welches den inneren Kern mit sich nimmt; wie hier die Signalscheibe, so wird am Drehstrommotor die Riemenscheibe in Drehung versetzt und kann durch einen aufgelegten Riemen seine Bewegung auf eine zu treibende Welle übertragen.

Eigenſchaften des Drehſtrom-motors.

In ſeinen Eigenſchaften zeigt der Drehſtrommotor die größte Aehnlichkeit mit einem Nebenſchlußgleichſtrommotor. Er ſucht beſonders eine beſtimmte Umdrehungszahl, die von der Periodenzahl des Drehſtroms abhängt, zu erreichen und auch bei wechſelnder Belaſtung nahezu innezuhalten. Durch paſſende Anordnung der Wickelung des rotirenden Theiles kann man bei

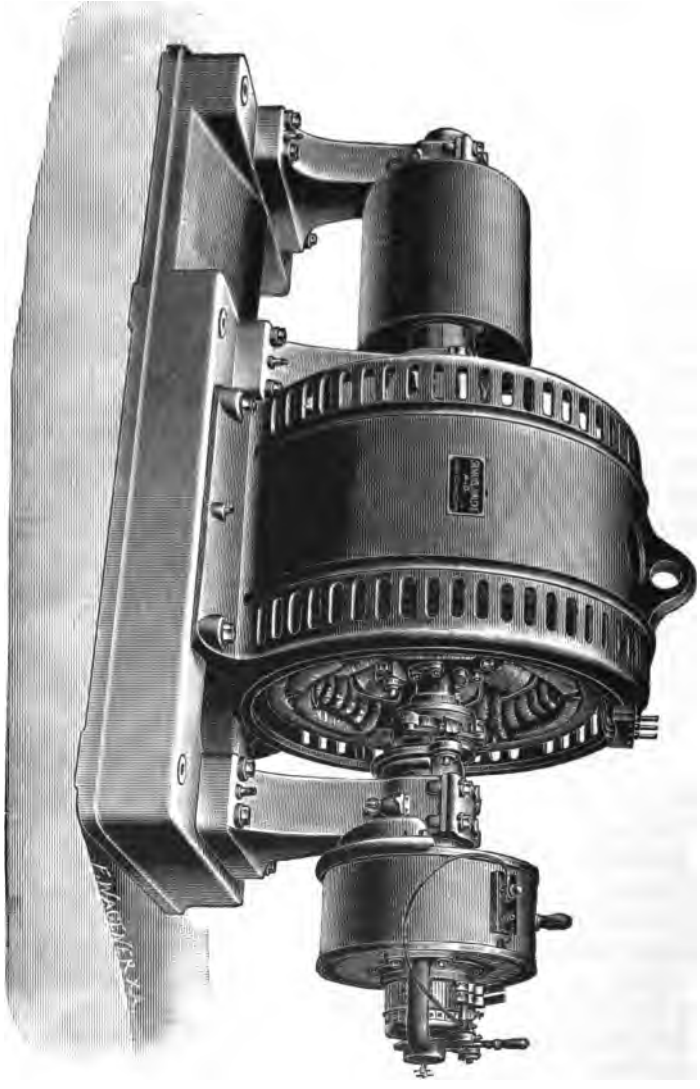


Fig. 251. Vollſtändiger Drehſtromerzeuger mit rotirendem Magnetſyſtem und angebauter Erregermaſchine.

größeren Motoren auch Anlaßwiderstände verwenden. (Motor mit Schleifringen.)

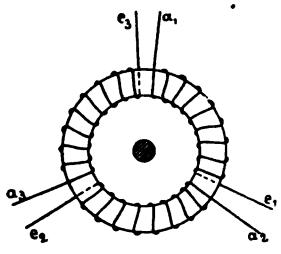


Fig. 252. Dreitheilige Bewickelung eines Drehstrommotor-Ringes.

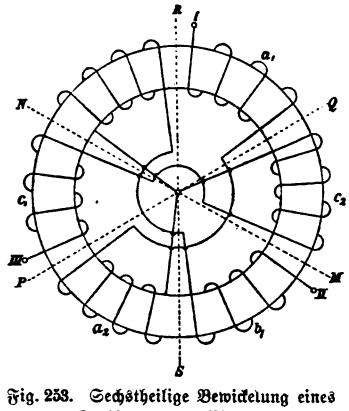


Fig. 253. Sechstheilige Bewickelung eines Drehstrommotor-Ringes.

Eine Bedeutung könnte vielleicht der Drehstrom, dessen Wichtigkeit sonst auf anderem Gebiete liegt (vergl. Seite 152), für Verwendung an Bord gewinnen, weil er keine nach bestimmter Richtung wirkende, magnetische Kraft nach außen hin zeigt, und somit auch die Magnetnadel des Kompasses nicht beeinflussen kann.

Der gewöhnliche Wechselstrommotor.

Bringt man auf den Eisenring statt der Drehstromwickelung eine einfache Wechselstromwickelung, so tritt der Magnetismus immer in derselben Richtung mit periodisch wechselnder Stärke auf. Der Motor kann so also keine Anzugskraft entwickeln, erst wenn er bei Leerlauf in der einen oder anderen Richtung herumgedreht wird, setzt er sich von selbst in schnellere Bewegung und sucht eine bestimmte Endgeschwindigkeit, wie der Drehstrommotor, zu erreichen. Um ihn selbstthätig zum Anlauf zu bringen, muß man den Wechselstrommotor mit einer Hülfswickelung versehen, durch welche künstlich ein Drehfeld erzeugt wird. Immerhin ist derselbe dem Drehstrom- und Gleichstrommotor bedeutend unterlegen. Man wird ihn nur als Nothbehelf für eine vorhandene elektrische Anlage, die nur Wechselstrom liefert, bauen, um auch hier die Möglichkeit eines elektrischen Antriebes zu haben.

Asynchrone und synchrone Drehstrommotoren.

Die beschriebenen Drehstrom- und Wechselstrommotoren haben nicht die gleiche Konstruktion wie die betreffenden Generatoren, da sie an Stelle des mit Gleichstrom erregten Schenkelkreuzes einen Anker mit in sich geschlossener Wickelung haben, in welcher Ströme induzirt werden. Sie haben zwar das Bestreben, eine bestimmte Geschwindigkeit entsprechend der Periodenzahl und Polzahl zu erreichen, kommen aber nicht ganz dahin und weichen um so mehr davon ab, je mehr sie belastet werden, ähnlich wie die Nebenschlußmotoren für Gleichstrom. Man nennt sie deshalb asynchrone Motoren. Fig. 254 bis 257.

Es ist aber auch der Drehstrom- oder Wechselstromgenerator als Motor zu

verwenden. Ein ſolcher Motor läuft nicht von ſelbſt an; um Zugkraft und Leiſtung von ihm zu erhalten, muß man ihn erſt auf die der Periodenzahl und Polzahl entſprechende Umdrehungszahl bringen. Dieſe behält er bei jeder Belaſtung innerhalb ſeiner Leiſtungsfähigkeit bei; wird er überlaſtet, ſo fällt er ſogleich bis zum Stillſtand ab. Derartige Motoren nennt man ſynchrone Motoren. Sie erfordern eine beſondere Gleichſtromquelle zur Erregung und Antriebvorrichtung erſt bis auf

Fig. 254. Rotirender Theil eines Drehſtrommotors mit Schleifringen und Stabwickelung.

müſſen vor Inbetriebnahme durch beſondere ſynchronen Lauf gebracht werden.

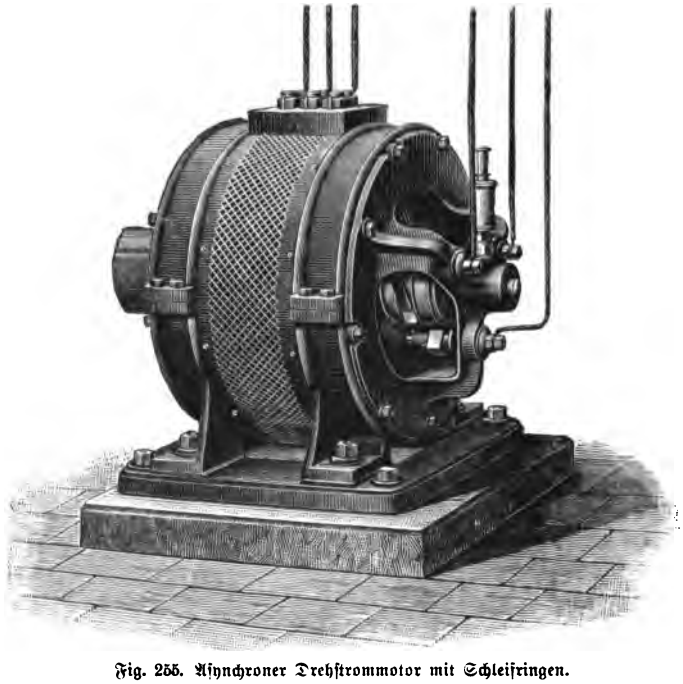


Fig. 255. Aſynchroner Drehſtrommotor mit Schleifringen.

Vorzüge und Verwendung der Elektromotoren.

Da bei einem Elektromotor die rotirende Bewegung nicht erſt aus der hin- und hergehenden Bewegung, ſondern direkt entſteht, ſind höhere Geſchwindigkeiten als z. B. bei Dampfmaſchinen zuläſſig, daher wird der Motor für eine beſtimmte Leiſtung verhältnißmäßig klein ausfallen. Sein Gang iſt geräuſchlos, ſeine Wärmeentwicklung unbedeutend, die Bedienung einfach, die Wartung gering, der Betrieb reinlich, der Wirkungsgrad hoch. Er läßt ſich

leicht überall aufstellen, die Zuführung der erforderlichen elektrischen Energie vermittelst Kupferleitung läßt sich bequem, ohne großen Raumbedarf und Energieverlust der Oertlichkeit anpassen gegenüber den Seilübertragungen und Transmissionen mit ihrem Riemengewirre. Aus allen diesen Gründen

Fig. 256. Einfacher Anlasser für Drehstrommotoren mit dreipoligem Ausschalter und Sicherungen. (Vergl. Fig. 241, neuere Konstruktion.)

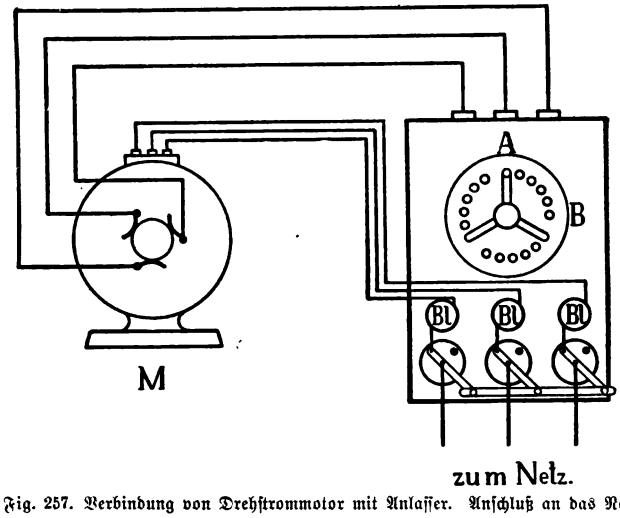


Fig. 257. Verbindung von Drehstrommotor mit Anlasser. Anschluß an das Netz.

hat die Verwendung der Elektromotoren in kurzer Zeit einen großen Umfang angenommen, sowohl im Kleingewerbe als auch im großen Fabrik-

betriebe, wo er für Einzel- und Gruppenantrieb je nach der Betriebsart der Werkzeugmaschinen benutzt wird. Aber auch für Krahne, Winden und Aufzüge, in Bergwerken, an Bord der Schiffe, zur Fortbewegung von Booten und Eisenbahnen (vergl. S. 174) findet er vortheilhafte Verwendung.

4. Elektrisches Licht.

Die Erzeugung des Lichtes durch Elektrizität beruht auf der Wärmewirkung. Man unterscheidet Glühlicht und Bogenlicht. Das Glühlicht entsteht dadurch, daß man einen zusammenhängenden Leiter (Kohlenfaden) so stark durch den elektrischen Strom erwärmt, daß er ins Glühen geräth. Er wird für kleinere Kerzenstärken (1—100 N. K.) hergestellt und hauptsächlich für Zimmerbeleuchtung gebraucht. Das Bogenlicht entsteht, wenn man zwischen den sich in geringem Luftabstand (1—10 mm) gegenüberstehenden Enden zweier Kohlenstäbe einen elektrischen Strom einleitet. Hierdurch können sehr große Lichtstärken erzeugt werden, die meist zur Beleuchtung von Straßen, Plätzen und großen Räumen benutzt werden und namentlich auch in Scheinwerfern Verwendung finden.

Glühlicht. Der Kohlenfaden muß in der Luftleere glühen, da er sonst im Sauerstoff der Luft schnell verbrennt. Man schließt ihn deshalb in eine luftleer gepumpte Glasbirne ein, wodurch eine Brenndauer von 800—1000 Stunden erzielt wird. Die Enden des hufeisen- oder schleifenförmig gebogenen Fadens sind an dünnen Metalldrähten befestigt, welche durch die Glaswand an Strom-

Glühlampen. zuführungsstücke führen; man erhält so die Glühlampe. Je nach der Art dieser Anschlußstücke unterscheidet man hauptsächlich Glühlampen mit Edison-Gewinde (Fig. 258) und mit Siemens-Kontakten (Fig. 259). Durch Einsetzen in geeignete Fassungen werden die Lampen an die Stromquelle angeschlossen. Am gebräuchlichsten sind wohl die Glühlampen von 16 N. K., sie erfordern etwa 3,5 Watt (0,57 Ampère bei 110 Volt) pro Kerzenstärke. Bei Bestellung ist außer Fassung und Lichtstärke auch die Spannung der Lampe anzugeben; sie darf bei einer 16 N. K.-Lampe 220 Volt nicht übersteigen, weil darüber hinaus der Faden zu schwer herzustellen ist und auch zu zerbrechlich sein würde; am meisten werden 110—120 Volt-Lampen in Beleuchtungsanlagen benutzt. Die für die Lampe bestimmte Spannung muß möglichst konstant inne gehalten werden. Ist die Spannung nur um einige Volt zu niedrig, verliert die Lampe stark an Leuchtkraft, wird die Spannung zu hoch, so wird die Lampe zu sehr beansprucht und verliert an Lebensdauer. Im Laufe der Zeit zerstäubt der Kohlenfaden ganz allmählich, der Faden wird dünner, eine feine Kohlenstaubschicht setzt sich an die innere Wandung, und die Lampe wird lichtschwächer, bis schließlich der Faden an einer Stelle durchbrennt. (Fig. 260 bis 267 zeigen einige Beleuchtungskörper für Glühlicht und Zubehör.)

Glühlampen und Zubehör.

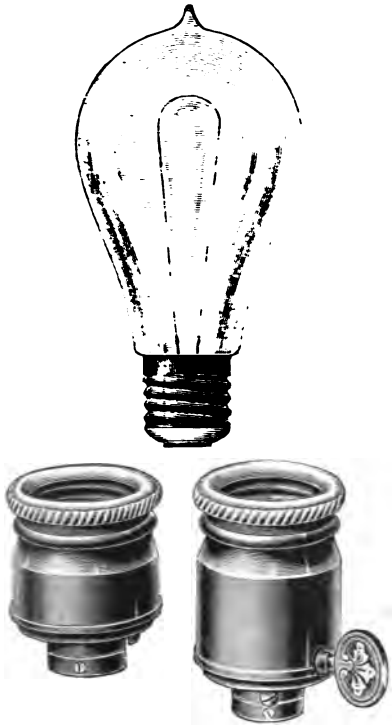


Fig. 258. Glühlampe mit Edison-Gewinde und zugehörige Fassungen mit und ohne Hahn.

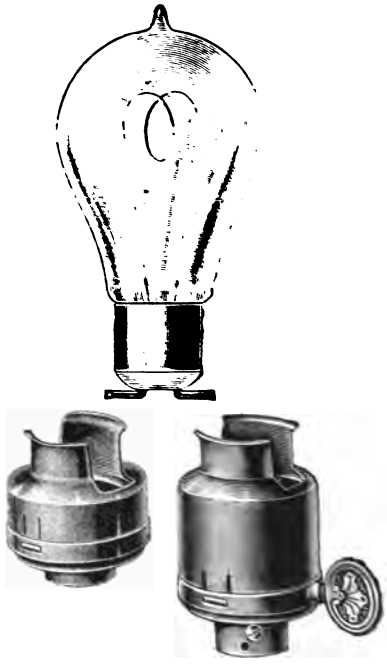


Fig. 259. Glühlampe mit Siemens-Kontakten und zugehörige Fassungen mit und ohne Hahn.

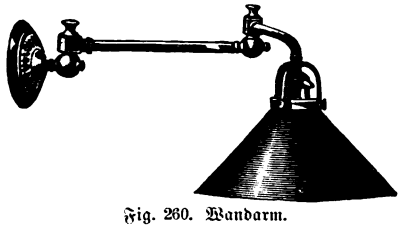


Fig. 260. Wandarm.

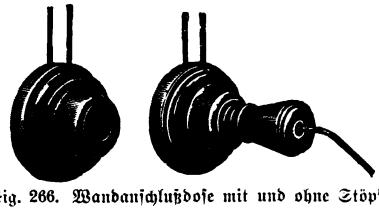


Fig. 266. Wandanschlußdose mit und ohne Stöpsel.

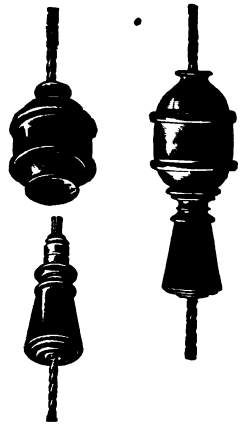


Fig. 267. Hängeanschlußdose mit Stöpsel. (Stromkreis geöffnet und geschlossen.)

Fig. 263. Stehlampe.

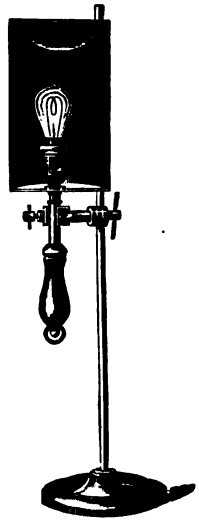


Fig. 262. Kipplampe.

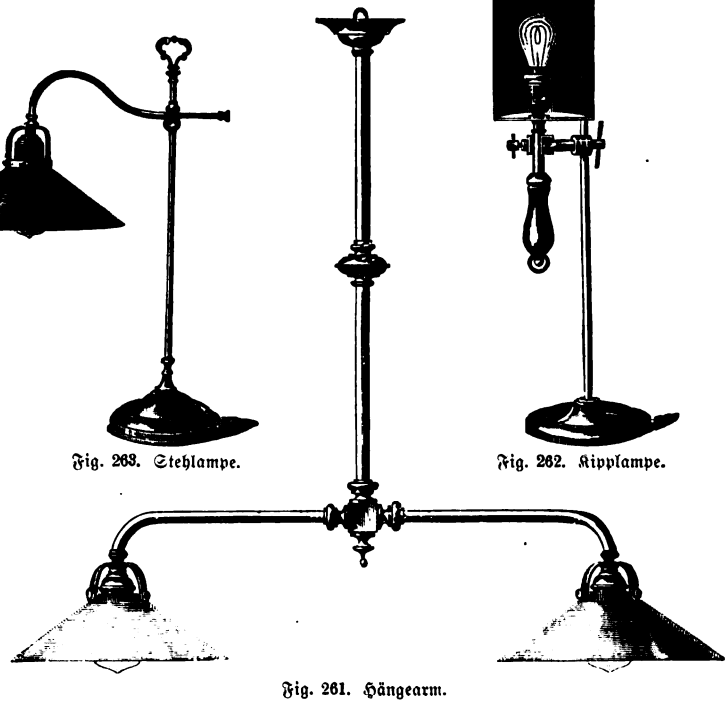


Fig. 261. Hängearm.

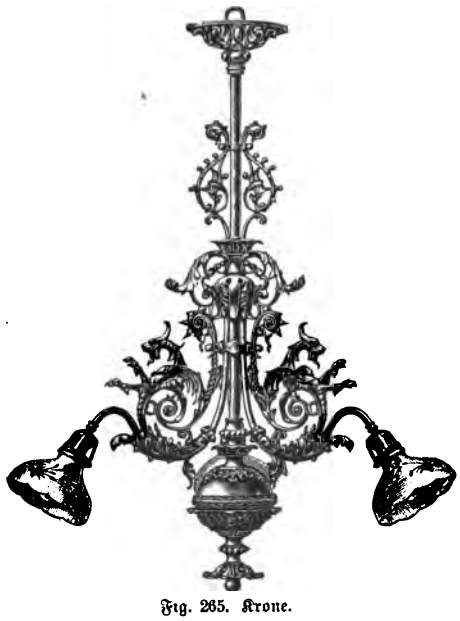


Fig. 265. Krone.

Fig. 264. Tischlampe.

Bogenlicht.

Beim Bogenlicht leuchtet einmal die Luftstrecke zwischen den beiden Kohlen, dann aber ganz besonders der Rand derjenigen Kohle, welche an den positiven Pol der Stromquelle angeschlossen ist (positive Kohle). Infolgedessen wird auch diese Kohle schneller aufgezehrt als die negative Kohle, man muß sie deshalb entweder länger oder dicker wählen, wenn beide Kohlen gleich lange brennen sollen. An angebrannten Kohlen kann man leicht die Polarität erkennen, die positive Kohle höhlt sich kraterförmig aus, die negative Kohle setzt eine Spitze an (Fig. 271). Die positive Kohle wird mit einem leicht brennbaren Docht versehen (Dochtkohle), um den Lichtbogen ruhiger zu halten; die negative Kohle besteht aus gleichmäßiger Masse (Homogenkohle). Bei Wechselstrom, wo der positive Pol wechselt, brennen die Kohlen gleichmäßig ab, beide sind Dochtkohlen. Fig. 272. Bei Gleichstrom wird an vertikal stehenden Kohlen — die positive Kohle oben, die negative unten — die größte Lichtmenge in einem um 45° gegen die Horizontale geneigten Winkel ausgesandt. Zur Bildung und dauernden Unterhaltung eines Lichtbogens ist etwa eine Spannung von 25—30 Volt erforderlich, praktisch ist für Gleichstrom je nach der Stromstärke eine Benutzung von 40—60 Volt. Der Energieverbrauch pro Kerzenstärke ist bei Bogenlicht bedeutend geringer als bei Glühlicht (0,5—1 Watt pro N. K., rund 100 N. K. pro Ampère), man kann damit aber nicht die gleichen kleinen Lichtquellen herstellen. Die Brenndauer ist kürzer als bei Glühlampen, sie beträgt etwa 10 bis 20 Stunden, je nach der Länge der Kohlenstäbe. Bei Luftabschluß wurden neuerdings längere Brennzeiten, bis zu 100 Stunden und darüber, erreicht.

Bogenlampen.

Da infolge des Abbrennens der Kohlen ihr Abstand größer wird, so muß dafür gesorgt werden, daß die Kohlen in gleichem Maße einander wieder genähert werden, damit ein Licht von gleichmäßiger Stärke erzielt wird.

Einen derartigen Mechanismus, welcher die Regulirung des Bogenlichts entweder von Hand bethätigt oder selbstthätig bewirkt, nennt man eine Bogenlampe. Es giebt eine große Anzahl verschiedenster Konstruktionen; die Art der Regulirung kann eine vierfache sein, entweder auf

konstante Lichtbogenlänge (Handlampe),
= Stromstärke (Hauptstromlampe),
= Spannung (Nebenschlußlampe),
konstanten Widerstand (Differentiallampe).

Handlampen.

Die Handlampe besteht in einfachster Form aus zwei isolirten Kohlenhaltern zur Aufnahme der Kohlen und aus einem Getriebe, durch welches man die beiden Kohlen zusammen- und auseinander führen kann. Je nach dem Maße des Abbrennens werden die Kohlen wieder einander genähert, so daß sich die Lichtbogenlänge innerhalb gewisser Grenzen hält. In großen Reflektoren für militärische und Theaterzwecke bei starken, langsam abbrennenden Kohlen ist die Handregulirung gut brauchbar. Fig. 274 und 275.

Hauptstromlampe.

Die selbstthätige Regulirung auf gleiche Stromstärke geschieht durch ein vom Lampenstrom umflossenes Solenoid, welches auf einen Eisenkern wirkt,

oder durch einen Elektromagnet mit Anker. Bei zu hoher Stromstärke wird der Kern, der gegen eine Feder oder ein Gewicht zu arbeiten hat, sich so einstellen, daß die Bewegung der oberen Kohle gehemmt ist (Fig. 268).

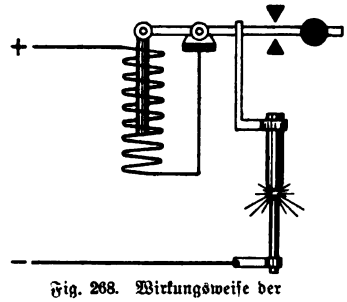


Fig. 268. Wirkungsweise der Hauptstromlampe.

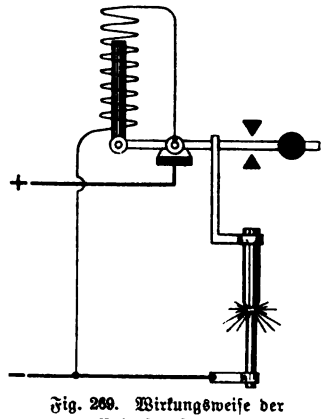


Fig. 269. Wirkungsweise der Nebenschlußlampe.

Allmählich wird nun durch das Abbrennen der Kohlen der Lichtbogen größer und die Stromstärke geringer, und der Eisenkern rückt mehr aus der Spule heraus. Sobald die Stromstärke kleiner als normal wird, hat der Kern eine solche Lage, daß die obere Kohle frei wird und sich nach unten bewegt, wodurch nun wieder der Lichtbogen kleiner, die Stromstärke größer wird, der Kern die weitere Bewegung der Kohlen hindert und das Spiel der Lampen von Neuem beginnt.

Die Hauptstromlampe ist nur verwendbar als Einzellicht in einem Stromkreise. Fig. 276.

Nebenschlußlampe.

Die Nebenschlußlampe regulirt auf gleiche Spannung an den Klemmen der Lampe. Man kann sich das Spiel der Lampe, analog der vorher geschilderten Anordnung und Wirkungsweise der Hauptstromlampe, nach Fig. 269 etwa folgendermaßen denken: Das Solenoid besteht aus vielen dünnen Windungen, die Enden der Wickelung liegen an den Polen der Lampe, es geht nur ein geringer Abzweigstrom durch die Wickelung hindurch, der je nach der Spannung, die an den Klemmen der Lampe herrscht, größer oder kleiner wird. Bei kleinerem Strom, also auch geringer Spannung, wird der Kern so gestellt, daß die obere Kohle feststeht. Es brennen nun die Kohlen allmählich ab, der Lichtbogen und die Spannung wird größer, und der Kern nimmt schließlich bei übernormaler Spannung eine Lage ein, bei welcher die obere Kohle sich der unteren wieder nähern kann. Fig. 277.

Da sich die Spannung der Lampe für verschiedene Stromstärken nur wenig ändert, so kann man eine und dieselbe Nebenschlußlampe unverändert für verschiedene Stromstärken verwenden, was bei der Hauptstromlampe nicht

der Fall ist. Ebenso kann man auch mehrere Nebenschlußlampen in einem Stromkreise hintereinanderschalten.

Differentiallampe.

Bei der Differentiallampe werden Stromspule und Spannungsspule gleichzeitig angewendet (Fig. 270). Sie arbeiten in ihren Wirkungen auf einen gemeinsamen Eisenkern gegeneinander. Bei einem bestimmten, nach der gewünschten Stromstärke einzustellenden Verhältniß von Spannung zu Strom, steht der Eisenkern so, daß die Kohlen bei richtiger Lichtbogenlänge feststehen. Wird die Spannung zu groß, so überwiegt die Wirkung der Spannungsspule, zieht den Kern in sich hinein und löst die obere Kohle aus, so daß sie sich nach unten bewegen kann. Die Differentiallampen reguliren auf gleiches Verhältniß von Spannung zu Strom, d. h. auf gleichen Widerstand. Sie arbeiten sehr genau und lassen sich in größerer Anzahl hintereinanderschalten. Fig. 278.

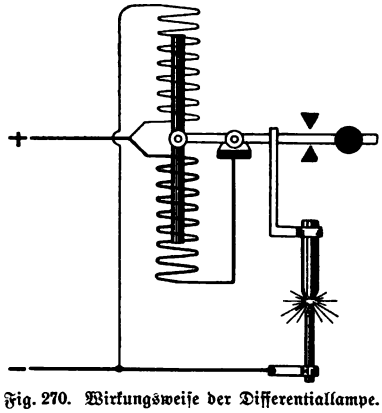


Fig. 270. Wirkungsweise der Differentiallampe.

Zusatzwiderstand.

Damit beim Reguliren der Lampe die Stromschwankungen ein gewisses Maß selbst bei aufeinandersitzenden Kohlen nicht überschreiten können, schaltet man die Lampe nicht direkt an das Lichtnetz mit konstanter Spannung, sondern fügt noch einen sogenannten Zusatz- oder Beruhigungswiderstand in den Stromkreis ein. Fig. 279.

Einstellen auf Lampenstromstärke.

Will man in einer Beleuchtungsanlage von 110 Volt zwei Nebenschlußlampen für 10 Ampère in Hintereinanderschaltung installiren, so gilt für die Wahl des Zusatzwiderstandes die Gleichung:

$$\text{Zusatzwiderstand (Ohm)} = \frac{\text{Netzspannung (Volt)} - 2 \times \text{Lampenspannung (Volt)}}{\text{Stromstärke (Amp.)}}$$

Die Netzspannung beträgt 110 Volt, die Lampenspannung 40 Volt, die Stromstärke 10 Ampère, es wird also Zusatzwiderstand $= \frac{110-80}{10} = 3$ Ohm.

Hierbei ist der Widerstand der Leitung als Theil des Zusatzwiderstandes mitzurechnen.

Die Zusatzspannung muß etwa 1/3 bis 1/6 der Lampenspannung betragen, je nach Empfindlichkeit des Regulirmechanismus.

Lampen mit feststehendem Brennpunkt.

Bei der vorhergehenden Auseinandersetzung über Prinzip und Wirkungsweise der verschiedenen Bogenlampensysteme war angenommen, daß die obere, positive Kohle beweglich, die untere aber feststehend war, infolgedessen wird beim Abbrennen der Kohlen der Lichtpunkt allmählich sinken. In manchen Fällen ist es nun wünschenswerth, z. B. bei Scheinwerfern und Reflektoren, daß der Lichtpunkt stets an derselben Stelle bleibt; hierfür muß die Lampen-

konstruktion so eingerichtet werden, daß beide Kohlen beweglich sind. (Lampen mit sogenanntem Fixbrennpunkt.)

Das Bogenziehen.

In Nebenschlußlampen stehen die Kohlen bei Stromlosigkeit von einander entfernt. Wird die Lampe eingeschaltet, so geht ein geringer Abzweigstrom zunächst durch die Elektromagnetspulen; durch den angezogenen Anker wird die Bewegungsvorrichtung ausgelöst, und die Kohlen nähern sich bis zur Berührung und Lichtbogenbildung, für die im Mechanismus besonders gesorgt sein muß.

In der Hauptstrom- und Differentiallampe stehen bei Stromlosigkeit die Kohlen aufeinander. Nach dem Einschalten der Lampe geht sofort ein kräftiger Strom hindurch, der auch den Hauptstromelektromagnet durchfließt, welcher nun seinerseits die Lichtbogenbildung durch Auseinanderziehen der Kohlen bewirkt.

Aufhängung in geschlossenen Räumen und im Freien.

Um das Werk der Lampe vor Schmutz und Feuchtigkeit zu schützen, wird es mit einer Schutzkappe umgeben. Die ganze Lampe wird in eine Laterne (gewöhnlich Kugellaterne) eingesetzt, die bei Aufhängung im Freien ein Regendach erhält. Die den Lichtbogen umgebende Glocke besteht entweder aus Alabaster oder Opalglas, im Freien, bei Aufhängung in größerer Höhe auch aus Klarglas. Die Laternen erhalten meist eine besondere Aufziehvorrichtung mit Drahtseil und Winde, vermittelst deren sie an Masten aufgezogen und zum Einsetzen neuer Kohlen herabgelassen werden können.

Wechselstromanlagen erhalten entweder außen an der Laterne einen Reflektor, der das nach oben gehende Licht auffängt und nach unten wirft, oder es wird ein kleiner emaillirter Eisenreflektor dicht über dem Brennpunkt zu gleichem Zwecke angebracht. Fig. 280 bis 284.

Oberlicht-Reflektoren. Scheinwerfer.

Um in Zeichen- und Arbeitssälen diffuses Licht ohne scharfe Schatten zu erhalten, läßt man das direkte Licht auf die Zimmerdecke oder auf weißgetünchte Leinwandreflektoren auffallen. Fig. 285.

Eine besondere Art von Beleuchtungsapparaten bilden die Scheinwerfer. Sie sind in der Regel für hohe Stromstärken und starke Lichteffekte bestimmt. Sie dienen hauptsächlich militärischen und Marinezwecken und werden auch für Theatereffekte und Projektionen verwendet. Auf einem Stativ horizontal und vertikal drehbar gelagert befindet sich ein Gehäuse, dessen Rückwand ein Metall- oder Glasspiegel bildet (meist Parabolspiegel), und dessen Vorderwand durch Planglasscheiben oder auch durch einen Zerstreuer abgeschlossen ist. In das Gehäuse wird eine Bogenlampe mit horizontal liegenden Kohlen so eingesetzt, daß der Krater der positiven Kohle dem Spiegel zugekehrt und der Lichtpunkt um den Brennpunkt des Spiegels verschiebbar ist. Die Lage und das Aussehen des Lichtbogens läßt sich von außen durch mattirte Gläser beobachten. An den Lampen befindet sich gewöhnlich eine Vorrichtung, welche die Lampe sowohl für Handbetrieb, als auch für automatische Regulirung geeignet macht. Die Scheinwerfer brennen als Einzellichter; der für den ruhigen Betrieb erforderliche Zusatzwiderstand liegt gewöhnlich in der Leitung

von der Stromquelle zur Lampe. Es werden Scheinwerfer gebaut, die über 1 m lichten Durchmesser haben, mit Stromstärken von 100 bis 150 Ampère und Lichtstärken von 20 000 bis 30 000 Normalkerzen. Fig. 286 und 287.

Bogenlicht, Bogenlampen und Zubehör.

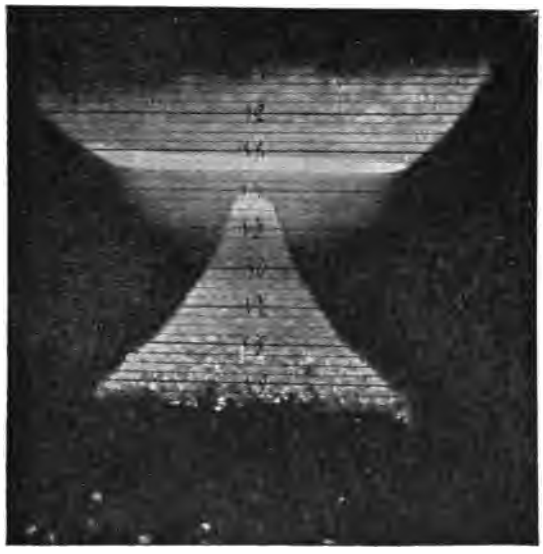


Fig. 271. Lichtbogen bei Gleichstrom.

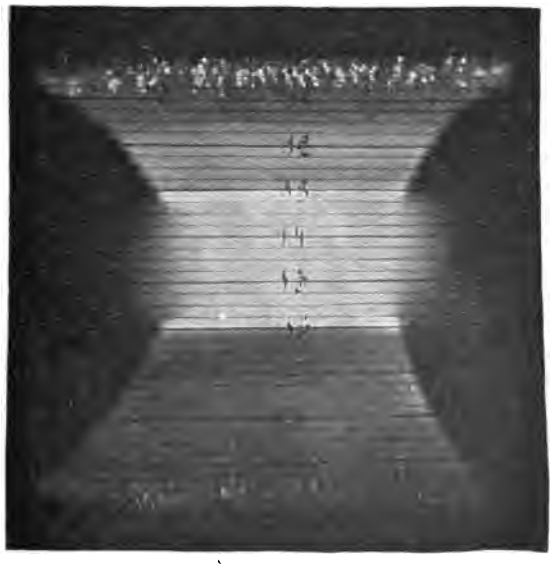


Fig. 272. Lichtbogen bei Wechselstrom.

Der Regulirmechanismus in großen Scheinwerferlampen wird oft durch einen kleinen Elektromotor bethätigt; ebenso dienen zuweilen Elektromotoren zur Bewegung des Scheinwerfergehäuses von entfernter Beobachtungsstelle aus.

Fig. 273. Lichtbogen bei Gleichstrom und schräg gestellten Kohlen.

Fig. 274. Kleine Handlampe. (Theaterzwecke, Projektion.)

Fig. 275. Große Handlampe. (Scheinwerfer.)

Fig. 276. Hauptstromlampe

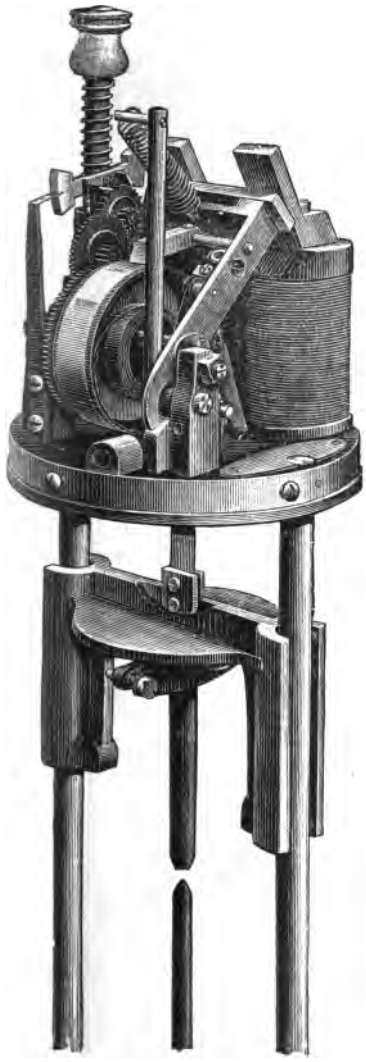
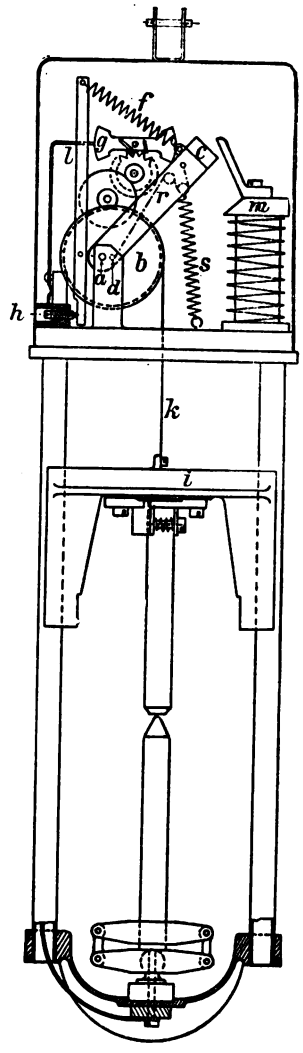


Bild.



Schematische Darstellung.

Fig. 277. Nebenschlußlampe.

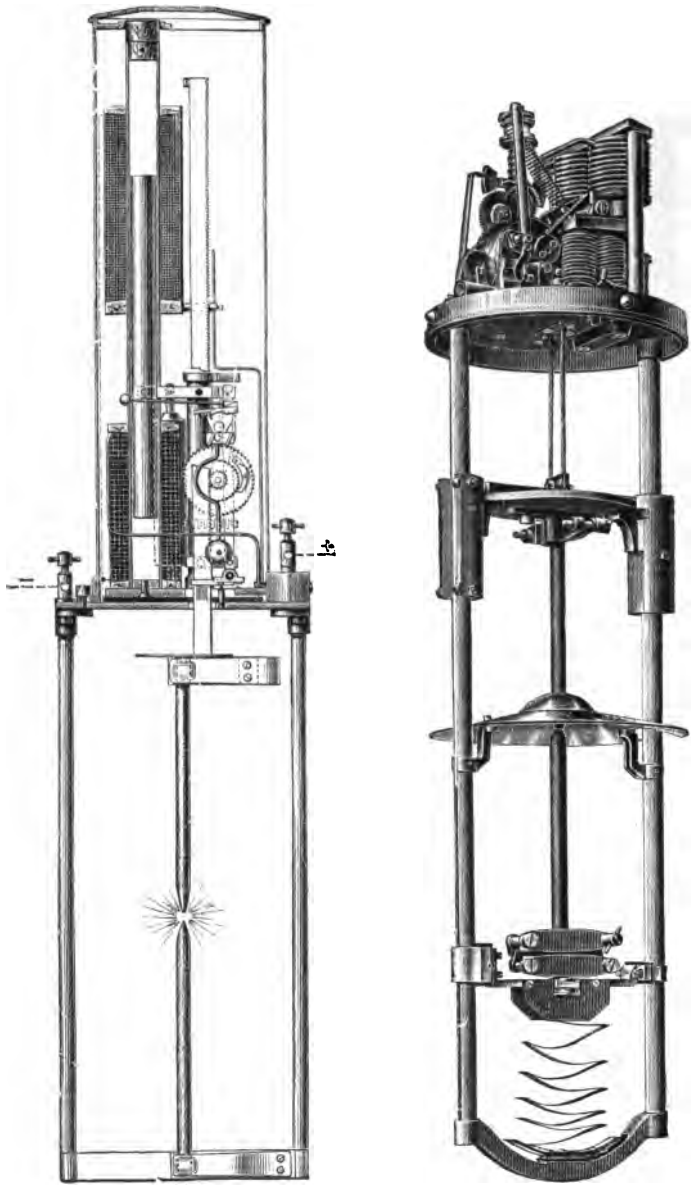


Fig. 278. Differentiallampe.

Aeltere Ausführung. Neuere Ausführung.

Fig. 279. Zusatzwiderstand für Bogenlampen.

Fig. 280. Bogenlampe mit Schutzkappe.

Fig. 281. Kugellaterne mit Regendach und Aufhängebügel.

Fig. 282 bis 284 siehe folgende Seite.

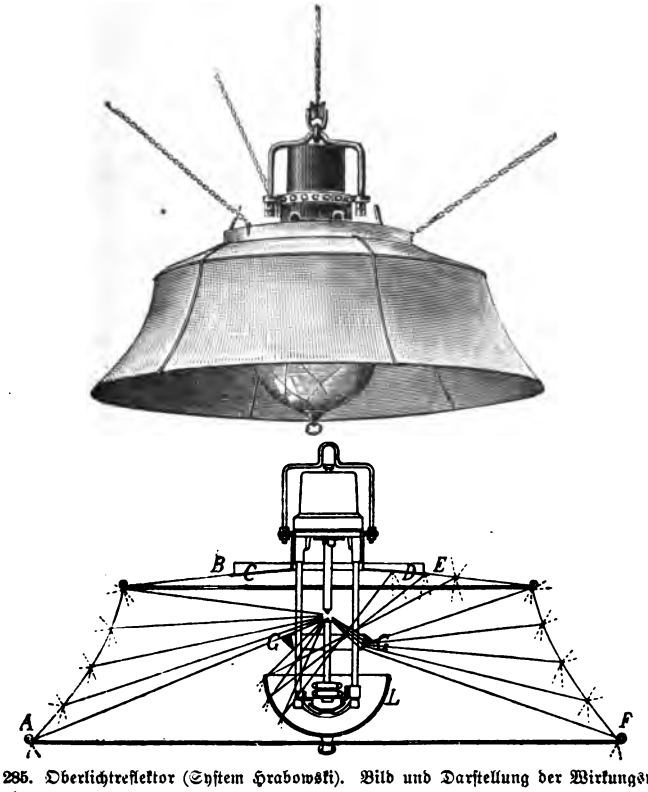


Fig. 285. Oberlichtreflektor (System Hrabowski). Bild und Darstellung der Wirkungsweise.

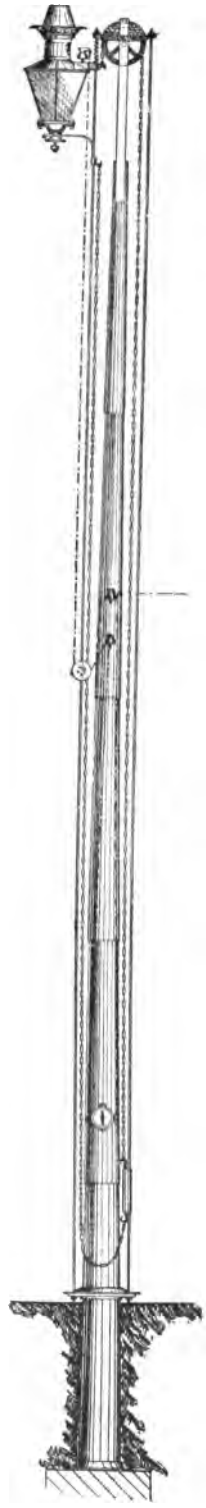


Fig. 282. Rohrmast zum Aufhängen von Bogenlampen.

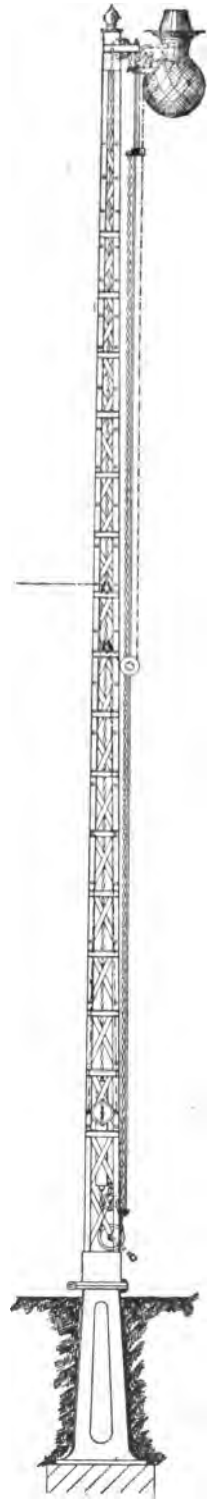


Fig. 283. Gittermast zum Aufhängen von Bogenlampen.

Fig. 284. Laternenständer zum Aufhängen von Bogenlampen.

Fig. 285 siehe S. 147.

Fig. 286. Kleines Scheinwerfergehäuse.

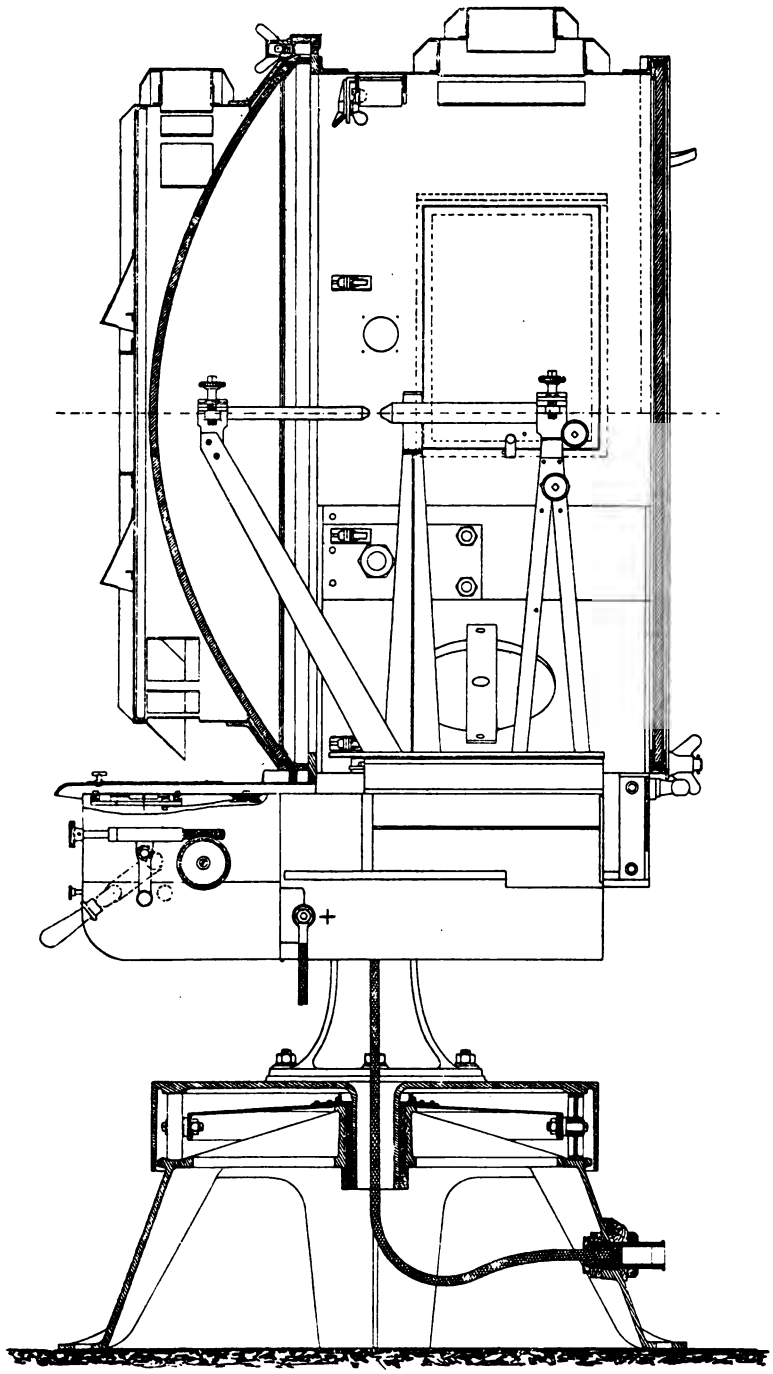


Fig. 287. Großer Scheinwerfer für militärische Zwecke von Schuckert.

5. Elektrische Beleuchtungsanlagen.

Wahl und Vertheilung der Lampen.

Liegt die Aufgabe vor, Räume oder Plätze elektrisch zu beleuchten, so ist zunächst ein Plan über die Vertheilung der Lampen zu entwerfen, wobei auf die Ausdehnung der Anlage und auf das Lichtbedürfniß Rücksicht zu nehmen ist. In kleineren, geschlossenen Räumen wird man vorzugsweise Glühlicht verwenden und zwar als einzelne Stehlampen oder transportable Lampen oder auch als Glühlichtkronen. Fig. 260 bis 265. In großen hohen Räumen wird man das ökonomischere Bogenlicht benutzen, z. B. in Sälen, Läden oder Fabrikräumen, ebenso zur Beleuchtung von breiten Straßen und freien Plätzen. Je höher der Aufhängepunkt der Bogenlampen ist, desto größer kann die Stromstärke der Lampen und ihr gegenseitiger Abstand gewählt werden. Eine 9 Ampère-Gleichstromlampe hat für spezielle Beleuchtung in Arbeitsräumen etwa einen Beleuchtungsbereich von 200 qm, für allgemeine Beleuchtung 500 qm; für größere Hallen- und Platzbeleuchtung 1500 bis 2000 qm. Dabei soll die Höhe des Aufhängepunktes ungefähr $^3/_4$ von dem Radius des Beleuchtungskreises sein.

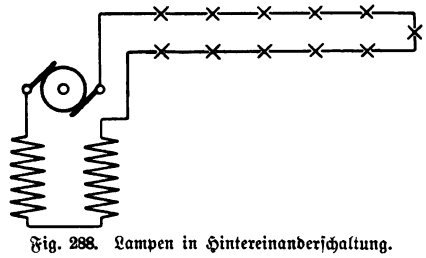


Fig. 288. Lampen in Hintereinanderschaltung.

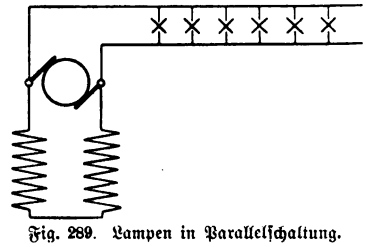


Fig. 289. Lampen in Parallelschaltung.

Die Stromvertheilung. Wahl der Spannung.

Das Einfachste und Billigste würde es sein, wenn man sämmtliche Lampen hintereinanderschaltet. Man darf hierin jedoch nicht zu weit gehen, weil wegen der hohen Spannung, die dazu erforderlich ist, die Isolation und die Sicherheit der Bedienenden gefährdet wird und die einzelnen Lampen nicht mehr so gut reguliren, außerdem erhalten sämmtliche Lampen dabei die gleiche Stromstärke; wenn eine Lampe erlischt, gehen die übrigen gleichfalls aus, wenn man nicht Fürsorge trifft, daß der Stromkreis in geeigneter Weise wieder mit Umgehung der Lampe geschlossen wird.

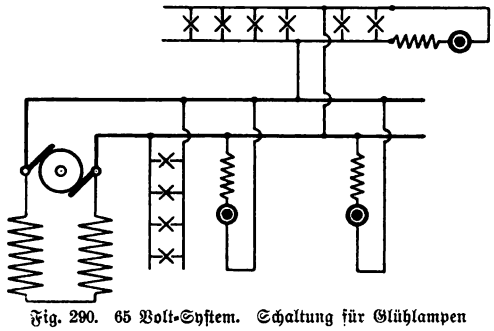


Fig. 290. 65 Volt-System. Schaltung für Glühlampen und Bogenlampen.

Fig. 288. Viel gebräuchlicher, wenn auch theurer, wegen größeren Leitungsaufwandes, ist die Parallelschaltung, weil man dabei sämmtliche Lichter unabhängig von einander je nach Bedarf ein- und ausschalten kann. Man hält zwischen zwei starken Leitungen die Spannung konstant und zweigt an beliebiger Stelle den Lampenstromkreis ab. Fig. 289. Für diese reine Parallelschaltung hat man mit Rücksicht auf die Bogenlampen eine Netzspannung von etwa 65 Volt zu wählen, da eine Bogenlampe mittlerer Stromstärke 40 Volt und ihr Zusatzwiderstand 25 Volt gebraucht. Fig. 290.

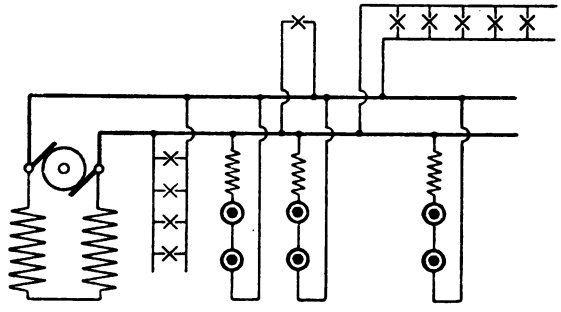


Fig. 291. 110 Volt-System. Schaltung für Glühlampen und Bogenlampen.

Je kleiner aber die Spannung in einem Netz ist, desto größer wird die Stromstärke und mithin der Leitungsquerschnitt für die Weiterleitung einer bestimmten elektrischen Energie. In einer ausgedehnteren Anlage würde dies einen bedeutenden Kostenaufwand für das Leitungsnetz bedeuten, der leicht die Rentabilität der Anlage in Frage stellen kann. Man wählt alsdann bei Entfernungen bis zu etwa 800 m lieber 110 Volt Spannung, brennt die Glühlampen einzeln parallel und die Bogenlampen zu zweien mit ihrem Zusatzwiderstand hintereinander. Fig. 291.

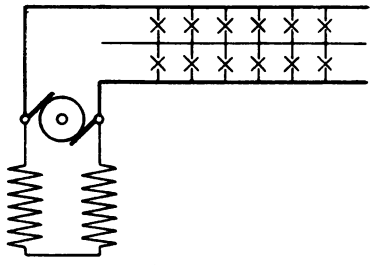


Fig. 292. Dreileitersystem. (2×110 Volt.)

Ist die Anlage noch ausgedehnter, so wird man gezwungen, 2×110 Volt anzuwenden als sogenanntes Dreileitersystem, mit einer mittleren Ausgleichsleitung für ungleiche Belastung in den beiden Netzzweigen (Fig. 292). Schließlich ist man übergegangen zum Fünfleitersystem mit $4 \times 110 = 440$ Volt. Neuerdings sucht man die Netzspannung für Gleichstrom dadurch zu erhöhen, daß man Glühlampen für 220 Volt konstruirt, wodurch die Anlagen eventuell auf $4 \times 220 = 880$ Volt Netzspannung gebracht werden könnten, was auch

für gewöhnlich als Grenze für betriebssichere Gleichstrommaschinen anzusehen ist.

Hochspannung. Transformatoren.

Oft aber handelt es sich, namentlich bei Ausnutzung von großen, mehrtausendpferdigen einsam gelegenen Wasserkräften, um Weiterführung und Uebertragung der elektrischen Energie auf viele Kilometer, wozu Spannungen von 10 000 bis 20 000 Volt erforderlich werden, wenn die Leitungsquerschnitte nicht einen zu großen Werth annehmen und die Verluste in den Leitungen trotzdem nicht zu hoch werden sollen. Hier reicht Gleichstrom nicht mehr aus, man muß zum Wechselstrom resp. Drehstrom übergehen.

Die Wechselstrommaschinen lassen sich schon an und für sich, da sie keinen Kommutator haben, für höhere Spannungen bauen (größere Maschinen für 3000 bis 10000 Volt), außerdem aber kann man bei Wechselstrom und Drehstrom mit Hülfe von Transformatoren — das sind große feststehende, leicht isolirbare, passend angeordnete Induktionsspulen mit zwei Wickelungen, Fig. 294 — die Energie in beliebiger Weise umformen, so daß man statt niedriger Spannung und hoher Stromstärke hohe Spannung und geringe Stromstärke erhält und umgekehrt. Nun kann man an der Erzeugungsstelle der Elektrizität die niedrige Spannung der Maschinen in die für die Fernleitung benöthigte hohe Spannung transformiren, durch verhältnißmäßig dünne Leitungen große Energiemengen bis an die entfernten Verbrauchsstellen führen und hier wiederum durch Transformatoren die Elektrizität hoher Spannung in solche von ungefährlicher, niedriger Spannung umformen und in Vertheilungsnetze senden, von denen sie an beliebigen Stellen abgenommen werden kann. Will man die elektrische Energie allein für Beleuchtung verwenden, so kann man einfachen Wechselstrom, in zwei Leitungen geführt, benutzen. Kommt aber auch Motorenbetrieb in Frage, so verwendet man besser Drehstrom, der allerdings drei Leitungen zu seiner Fortführung bedingt, deren Gesammtquerschnitt jedoch geringer sein kann als der der beiden Wechselstromleitungen zusammen. Fig. 293 bis 299.

Zeichenerklärung zu Fig. 298 und 299:

D. Drehstromdynamo,
E D. Erregerdynamo,
D Tp. Drehstromtransformator primär,
D Ts. Drehstromtransformator sekundär,
St. Stromzeiger,
Sp. Spannungszeiger,
RW. Regulirungswiderstand,
A. Ausschalter,
KA. Kohlenausschalter,
ABl. Bleisicherung,
RT. Reduktionstransformator,
PV. Phasenvergleicher,
M. Motor,
AV. Anlaßvorrichtung,
MW. Motorwagen.

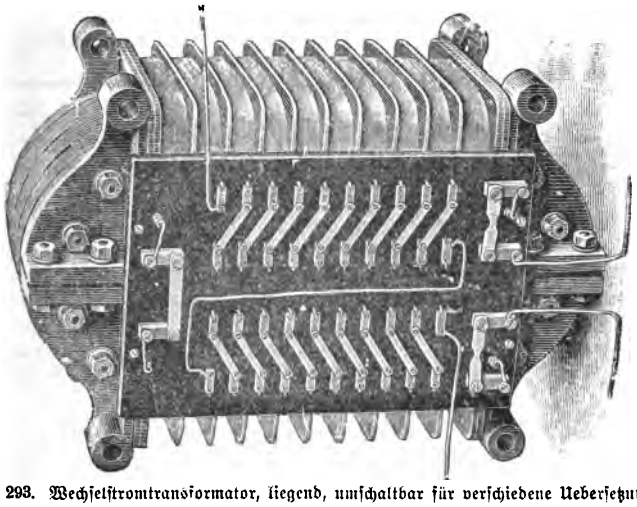


Fig. 293. Wechselstromtransformator, liegend, umschaltbar für verschiedene Uebersetzungen.

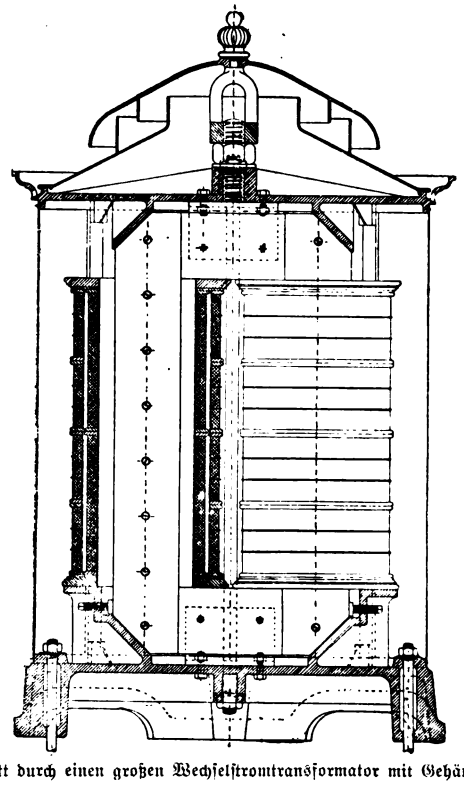


Fig. 294. Längsschnitt durch einen großen Wechselstromtransformator mit Gehäuse und Regendach.

Fig. 295 bis 297 siehe S. 156.

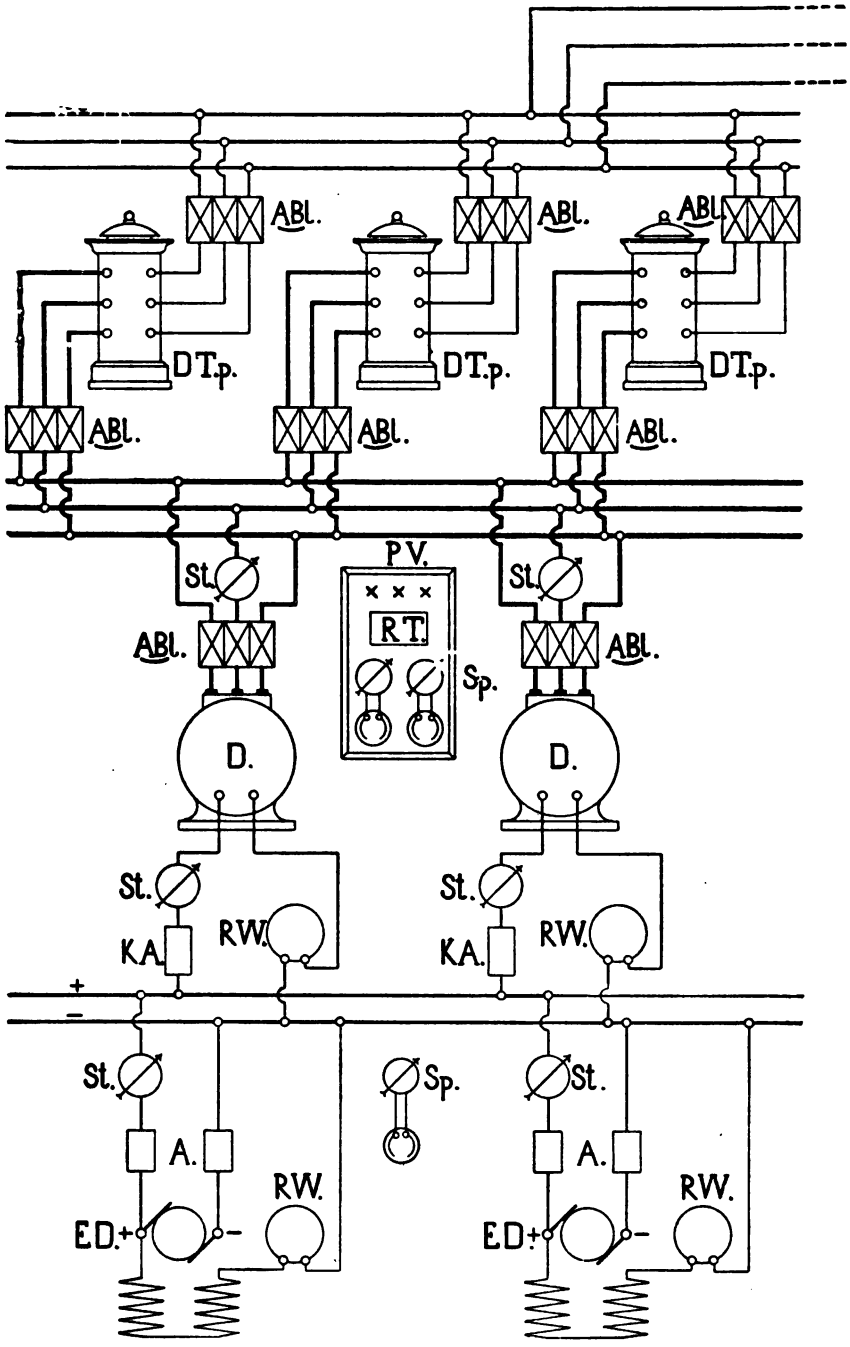


Fig. 298. Schaltungsschema einer Drehstromanlage. Primärstation.

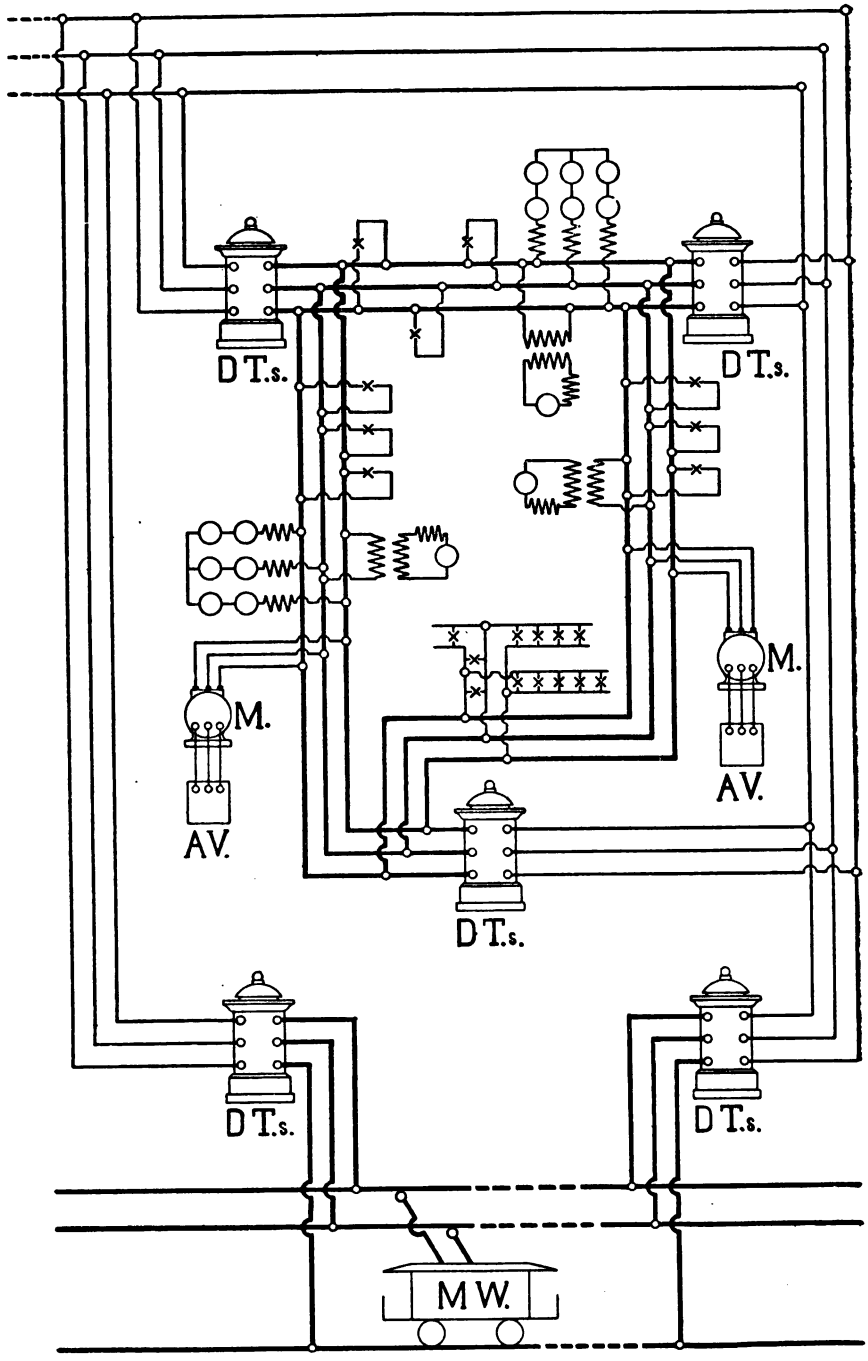


Fig. 299. Schaltungsschema einer Drehstromanlage. Sekundärstation.

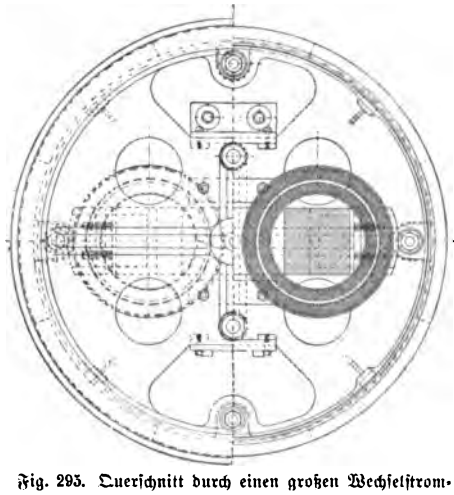


Fig. 295. Querschnitt durch einen großen Wechselstromtransformator.

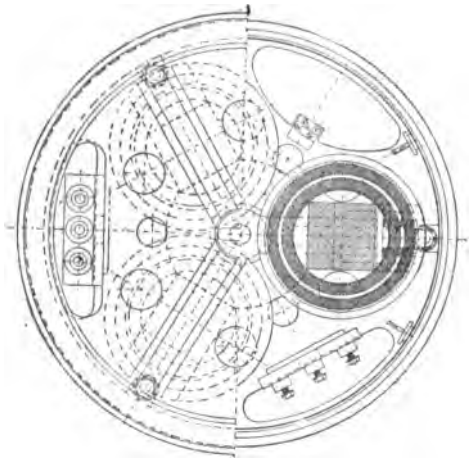


Fig. 296. Querschnitt durch einen großen Drehstromtransformator.

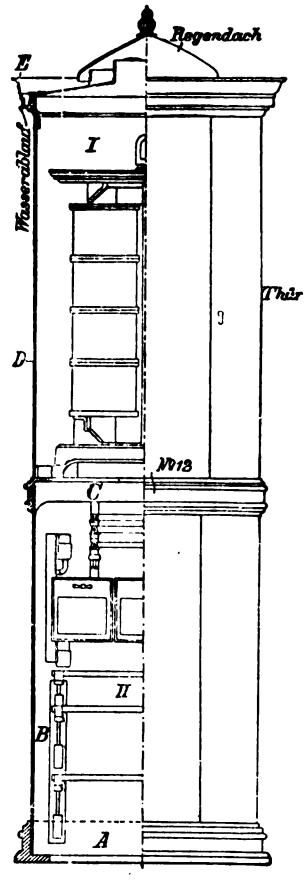


Fig. 297. Straßenfäule mit Transformator und Schaltvorrichtung.

Wahl der stromerzeugenden Maschinen.

Bei der Wahl der stromerzeugenden Maschinen ist hauptsächlich zu berücksichtigen Art, Größe, Anzahl, Umdrehungszahl und Spannung der Maschinen und ihrer Nebenapparate. Ob in einer Anlage Gleichstrom-, Wechselstrom- oder Drehstrommaschinen zu verwenden sind, hängt von der Wahl des Systems ab, über die bereits vorher gesprochen ist.

Die Größe der Maschinen wird durch den maximalen Kraftbedarf bestimmt. Für die Frage, ob man eine große oder mehrere kleine Maschinen aufstellen soll, sind die besonderen Betriebsverhältnisse maßgebend. Die

Maschinen arbeiten in der Regel dann am vortheilhaftesten, wenn sie normal belastet sind; wechselt der Betrieb stark, so müßte eine große Maschine oft mit geringer Belastung unökonomisch laufen. In solchen Fällen wählt man mehrere kleine Maschinen, von denen immer nur so viele parallel auf das Netz arbeiten, daß sie für den augenblicklichen Strombedarf vollbelastet ausreichen, man hat dann gleichzeitig eine gewisse Reserve für etwa defekt gewordene Maschinen.

Umdrehungszahl.

Die Umdrehungszahl hängt von der Größe und von der mechanischen Festigkeit der Maschinen ab. Bei Riemenbetrieb spielt das Uebersetzungsverhältniß eine Rolle, bei der direkten Kuppelung mit der Antriebsmaschine ist die Tourenzahl der letzteren bestimmend. Langsam laufende Maschinen sind theurer als schnell laufende Maschinen gleicher Leistung. Kleine Maschinen machen bis zu 2000 Umdrehungen in der Minute, ganz große Maschinen nur 150 bis 100 Umdrehungen. Auf gleichbleibende Umdrehungszahl ist im Interesse eines ordentlichen Lichtbetriebes besonders zu achten, da hierdurch die Spannung der Maschinen bei gleichbleibender Belastung konstant gehalten wird.

Regulirung.

Die erforderliche Regulirung an den Maschinen zur Erzielung konstanter Spannung geschieht mit Hülfe von Regulirwiderständen, die entweder von Hand oder automatisch durch elektromagnetische Steuerapparate bethätigt werden.

Aufstellung.

Die Maschinen sind auf solide Fundamente zu stellen und mit diesen durch Bolzen zu verankern. Bei Riemenantrieb setzt man die Maschinen in der Regel auf ein mit dem Fundament verankertes System von Gleitschienen, um die Möglichkeit bequemer Nachspannung des Riemens zu haben. Bisweilen pflegt man die Maschinen vom Fundament dadurch zu isoliren, daß man die Gleitschienen auf imprägnirten Holzschwellen befestigt. Die Zweckmäßigkeit dieser Isolation ist jedoch zweifelhaft.

Akkumulatoren.

Eine große Bedeutung für die Wahl der Maschinenanlage haben die Akkumulatoren. Fig. 91. Man kann durch deren Mitbenutzung das übrige Maschinenaggregat verkleinern und rationell ausnutzen, wie folgendes Beispiel zeigt: Hat man eine Anlage mit maximal 1000 Lampen mit Strom zu versorgen, so genügt dazu eine Maschine für 500 Lampen und eine Akkumulatorenbatterie für 500 Lampen. Am Tage wird die Batterie durch die Maschine geladen. Bei einbrechender Dunkelheit arbeitet die Maschine allein auf das Netz, so lange der Strombedarf für 500 Lampen nicht überschritten wird, darüber hinaus wird die Batterie parallel zur Maschine geschaltet. Nachts bleibt für den geringen Lichtbedarf die Batterie am Netz, die Maschine kann abgestellt werden. So arbeitet die Maschine während eines großen Theiles des Tages mit angenähert gleichbleibender voller Belastung.

Beim Laden von Akkumulatoren muß zum Schlusse der Ladung die Spannung um etwa 40 pCt. anwachsen. Diese Spannungserhöhung kann entweder durch Erhöhung der Umdrehungszahl oder durch verstärkte Erregung

der Lademaschine erzielt werden, oder man wendet eine besondere Zusatzmaschine an, welche den Zuschuß über die normale Spannung liefert. Damit auch während dieser Zeit der Lichtbetrieb mit gleichbleibender Spannung aufrecht erhalten wird, benutzt man sogenannte Zellenschalter, mit Hülfe deren nur immer so viel Zellen an das Lampennetz geschaltet werden, wie dessen Spannung entspricht. Fig. 300 bis 302.

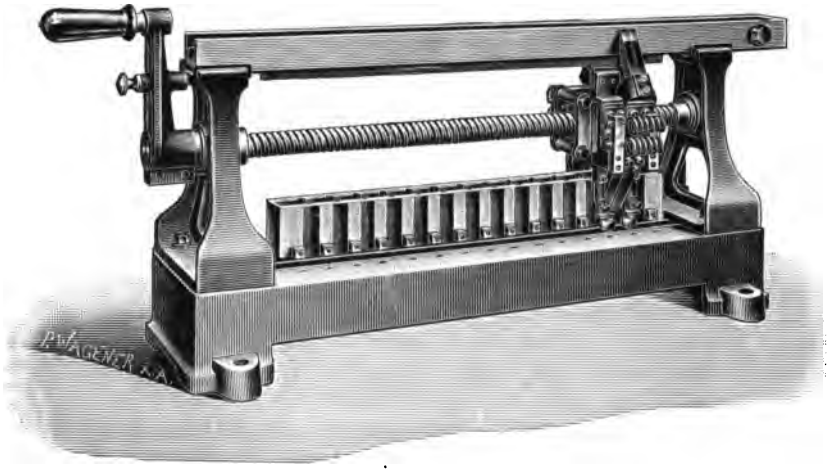


Fig. 300. Zellenschalter für Handbetrieb. Geradlinige Anordnung der Kontakte.

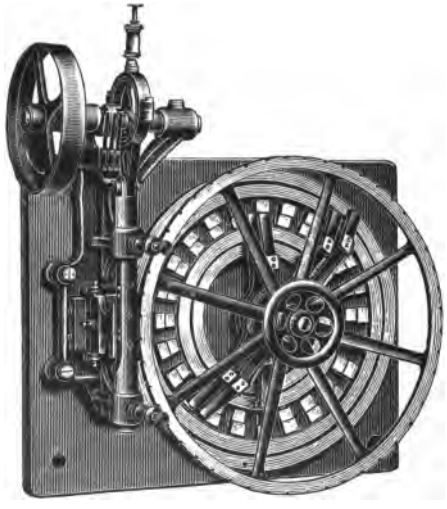


Fig. 301. Zellenschalter für selbstthätigen Betrieb. Kreisförmige Anordnung der Kontakte.

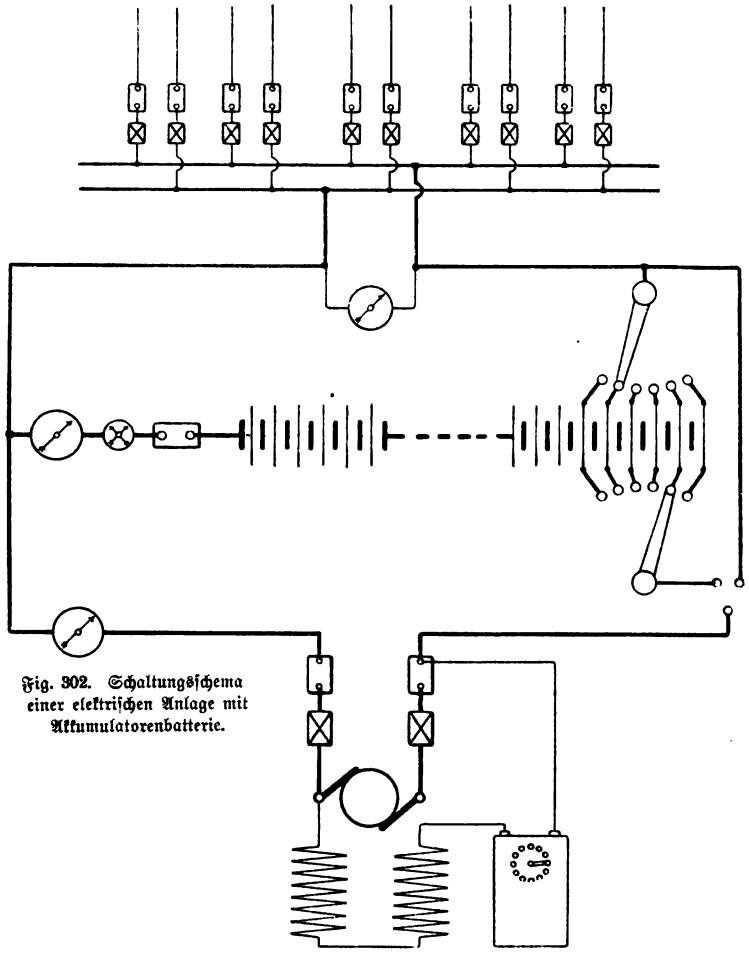


Fig. 302. Schaltungsschema einer elektrischen Anlage mit Akkumulatorenbatterie.

Die Antriebsmotoren.

Von den Antriebsmotoren der Dynamomaschinen ist hauptsächlich Betriebssicherheit, leichte Regulirbarkeit und gleichförmiger Gang zu beanspruchen. Je nach der Art der besonderen Umstände und Anforderungen verwendet man Dampfmaschinen, Wasser- oder Gasmotoren, auch Petroleum- und Benzinmotoren sowie Elektromotoren. Die Anlagen sind meist stationär, doch hat man für bestimmte Zwecke, bei kleineren Betrieben, auch transportable Anlagen hergestellt, wozu namentlich die fahrbaren Beleuchtungsanlagen gehören, die aus einer Lokomobile mit geschickt angebauter Dynamomaschine bestehen. Als besonders leicht und manövrirfähig haben sich die elektrischen Beleuchtungswagen mit Benzin- oder Petroleummotor erwiesen.

Die Uebertragung der Bewegung vom Motor auf den Generator kann in verschiedener Weise geschehen. Man unterscheidet direkte Kuppelung (oft mit elastischem Zwischengliede), Riemen- oder Seilantrieb, Antrieb durch Zahnräder und zuweilen bei kleinen Kräften auch Friktionsantrieb. Fig. 303 bis 306.

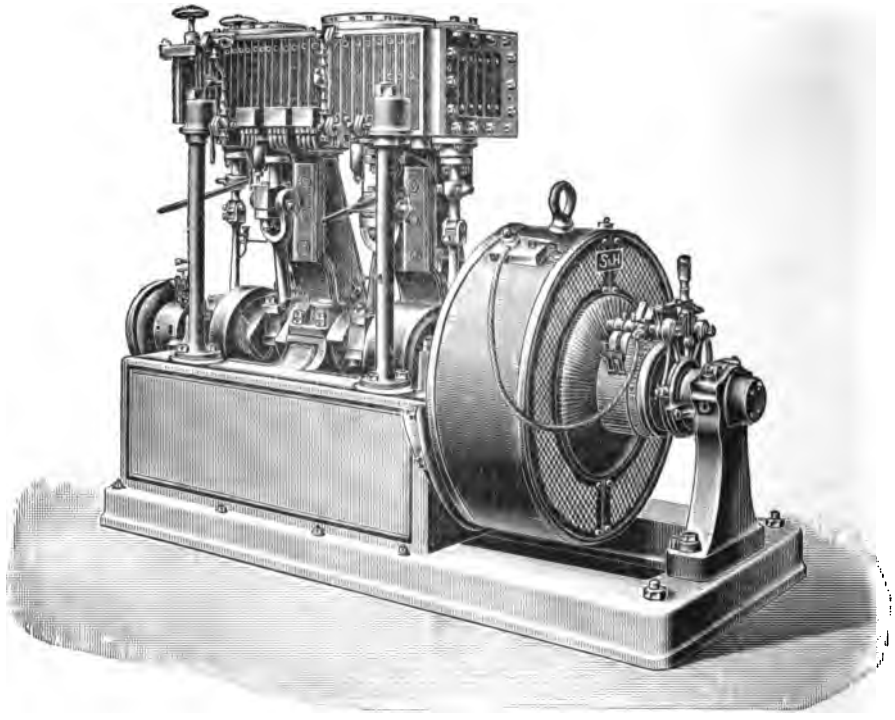


Fig. 303. Kleine, schnellaufende Dampfdynamo.

Schalttafel und Apparate.

Die zur Bedienung der Stromerzeuger und der einzelnen Stromkreise erforderlichen Apparate werden in übersichtlicher Weise auf sogenannten Schalttafeln aus Holz oder Marmor angeordnet. Fig. 307. Hierher werden die Stromzuleitungen von den Maschinen zu den Hauptausschaltern geführt, von da weiter durch Sicherungen und Meßinstrumente nebst Kontrolapparaten, Stromzeiger, Spannungszeiger, Arbeitszeiger, Erdschlußprüfer ꝛc. an gemeinsame Sammelschienen. Von diesen zweigen alsdann die einzelnen, gleichfalls mit Bleistreifen gesicherten Stromkreise nach den Verbrauchsstellen ab. Werden die Leitungen blank ins Freie geführt, so schließt man an die Sammelschienen zum Schutze von Maschinen und Apparaten Blitzableiter an. An der Schalttafel sind auch die Regulirwiderstände und Zellenschalter untergebracht. Griffe, Hebel und Handräder, die zu bedienen sind, müssen

leicht zugänglich sein. Sicherungen und Hochspannung führende Theile der Apparate ordnet man vorsichtiger Weise auf der Rückseite der Schalttafel an. Fig. 310 bis 325.

Fig. 304. Große Dampfdynamo mit stehenden Dampfcylindern.

Das Leitungsnetz.

Von den Sammelschienen der Schalttafel aus wird der elektrische Strom in Leitungen weiter geführt nach der Verbrauchsstelle. Bei der Wahl der Leitungsquerschnitte ist Rücksicht auf die mechanische Festigkeit, auf Erwärmung beim Stromdurchgang und auf Spannungsabfall zu nehmen. Je nach der Größe des erforderlichen Querschnittes benutzt man einzelne massive Drähte

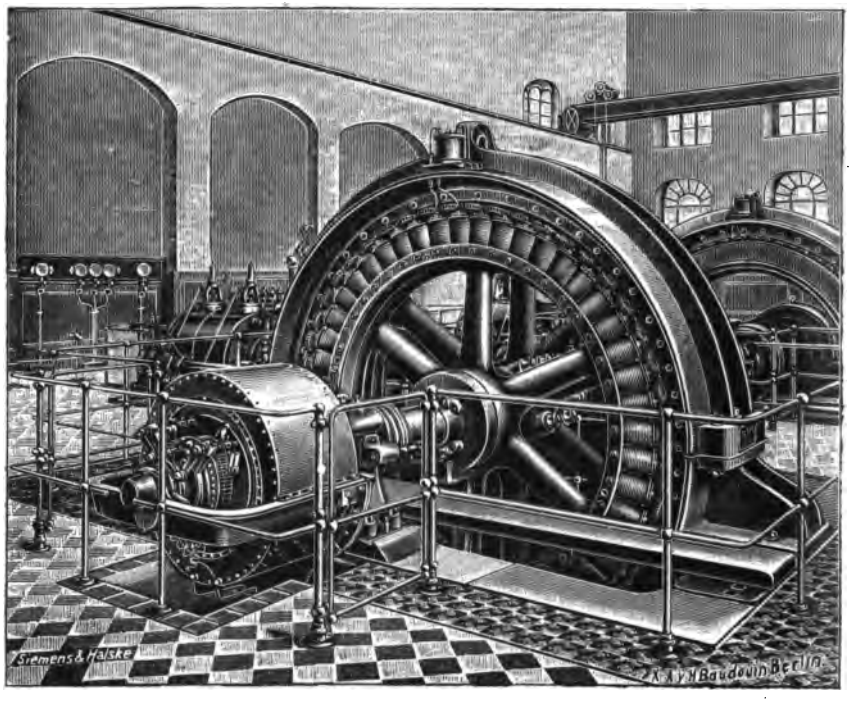


Fig. 305. Große Dampfdynamo mit liegenden Dampfcylindern.

oder verseilte Litzen, die aus einer mehr oder weniger großen Anzahl einzelner dünner Drähte bestehen. Die Drähte werden entweder als blanke Freileitungen durch die Luft geführt, getragen von Porzellanisolatoren an Masten von Holz oder Eisen (Rohr- und Gittermaste), oder sie erhalten eine isolirende und schützende Hülle und werden als Kabel in der Erde verlegt, was mancherlei Vortheile bietet, wenngleich die Anlagekosten meist höher sein werden. Namentlich sind die Kabel gegen Blitzschläge gesichert, während die Freileitungen mit besonderen Blitzschutzvorrichtungen, die doch zuweilen eine Beschädigung von Maschinen und Apparaten nicht verhindern können, versehen werden müssen. (In Hochspannungsanlagen hat sich aus der großen Schaar der Blitzableiterkonstruktionen der sogenannte Hörnerblitzableiter [Fig. 308 und 325] gut bewährt.)

Die unterirdisch verlegten Kabel haben entweder Einfachleitungen oder Doppelleitungen, die meist konzentrisch angeordnet sind, oder für Drehstrom und Dreileiteranlagen Dreifachleitungen, deren drei Leitungsdrähte konzentrisch liegen oder verseilt sind. Die Leiter werden mit einer Schicht aus imprägnirter Pflanzenfaser oder aus Gummi umgeben, über diese Schicht wird zum Schutz gegen atmosphärische Einflüsse ein nahtloser, wasserdichter Blei-

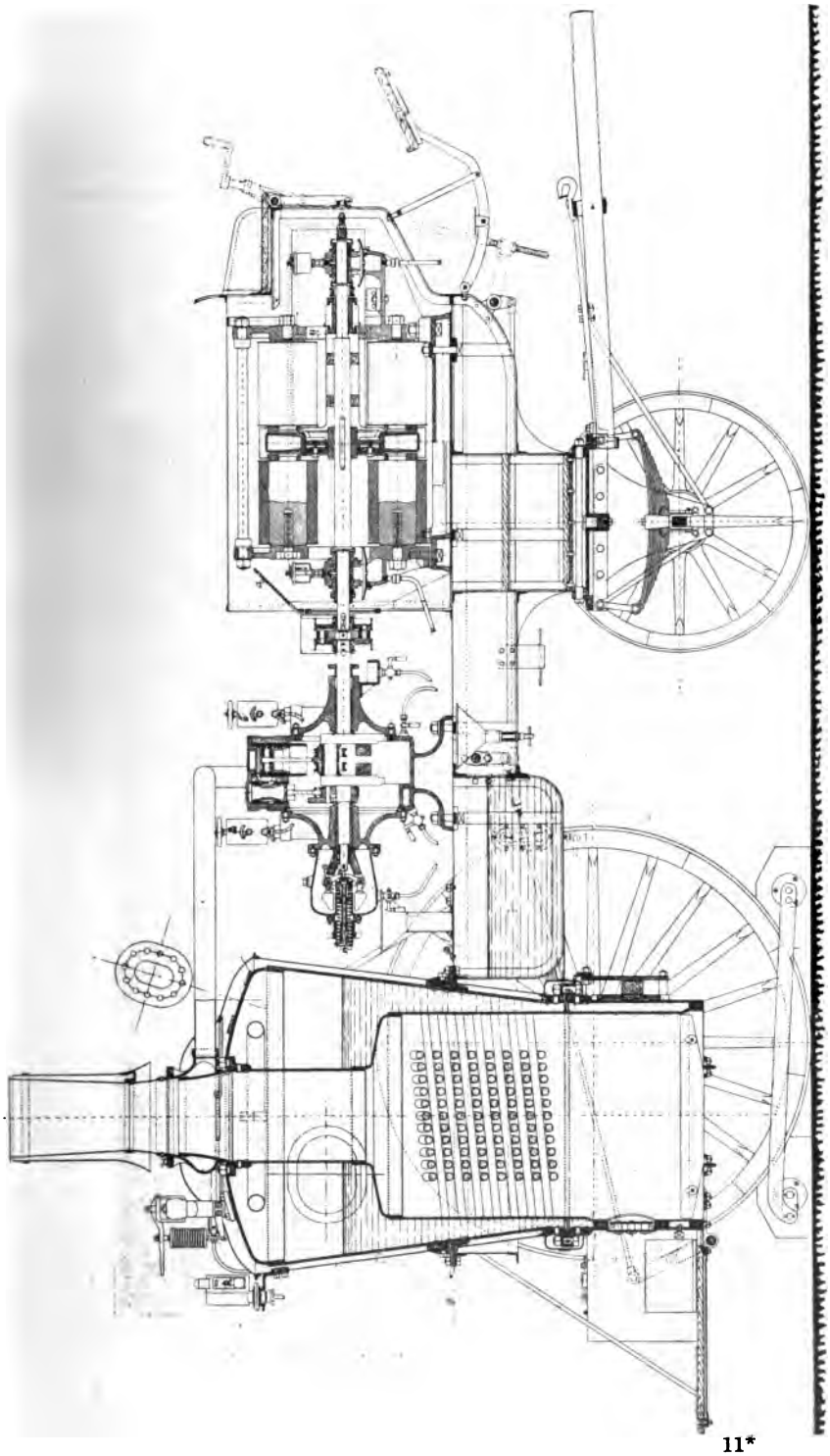


Fig. 306. Beleuchtungswagen für militärische Zwecke von Schuckert.

mantel gepreßt, der wiederum zum Schutz gegen chemische Einflüsse in eine Schicht asphaltirter Jute eingehüllt wird. Ist das Kabel mechanischen Verletzungen ausgesetzt, so wird es mit einer Eisendraht- oder Eisenbandbewehrung versehen. In welchem Maße überhaupt eine Leitung vom einfachen Wachsdraht an bis zum eisenbandarmirten asphaltirten Bleikabel zu isoliren ist, hängt ganz von der Art der Verwendung und von den örtlichen Verhältnissen ab, es finden sich Angaben darüber in den auf S. 166 erwähnten Sicherheitsvorschriften. Während die Freileitungen in Starkstromanlagen ähnlich wie bei Telegraphenlinien anzulegen sind, ist bei Kabellegungen besondere Vorsicht zu verwenden bei den Anschlüssen und Endverbindungen. Die Enden werden

Fig. 307. Kleine Schalttafel mit Apparaten.

von Isolation befreit und durch Klemmen sicher leitend mit einander verbunden. Die Verbindungsstelle wird in eine sogenannte Muffe aus Gußeisen eingeschlossen und diese wird mit Isolirmasse ausgegossen. In ähnlicher Weise werden an Abzweigstellen mit Isolirmasse auszugießende Kabelanschlußkästen mit Klemmen und Sicherungen in das Leitungsnetz eingefügt. Fig. 344 bis 356.

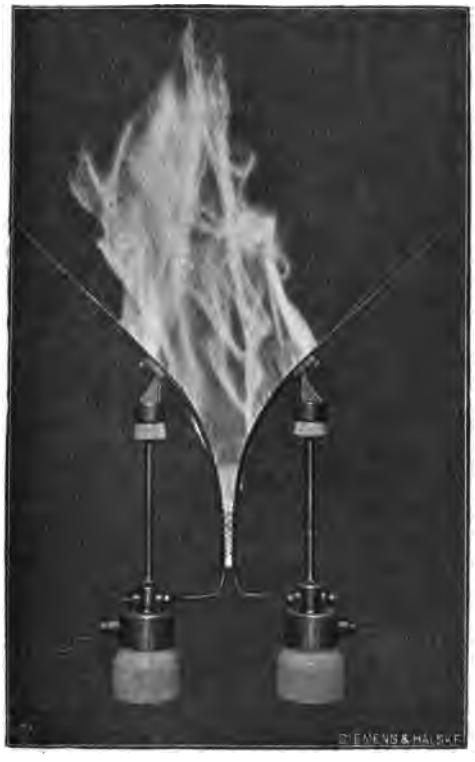


Fig. 308. Hörnerblitzableiter in Thätigkeit.

Die Installation.

Von den großen Haupt- oder Speiseleitungen die von der elektrischen Centralstation kommen und vielfach ringförmig um das Verbrauchsgebiet angeordnet sind, führen die Abzweigungen zu den einzelnen Abnahmestellen. In die Gebäude führen als Hausanschlüsse Kabel in Kanälen durch das Mauerwerk, sie erhalten hier Endverschlüsse und Kabelschuhe und werden mittelst Ausschalter und Sicherungen an das Installationsnetz des Gebäudes gelegt, meist mit Einfügung von Elektrizitätszählern. Fig. 309 und Fig. 326 bis 343.

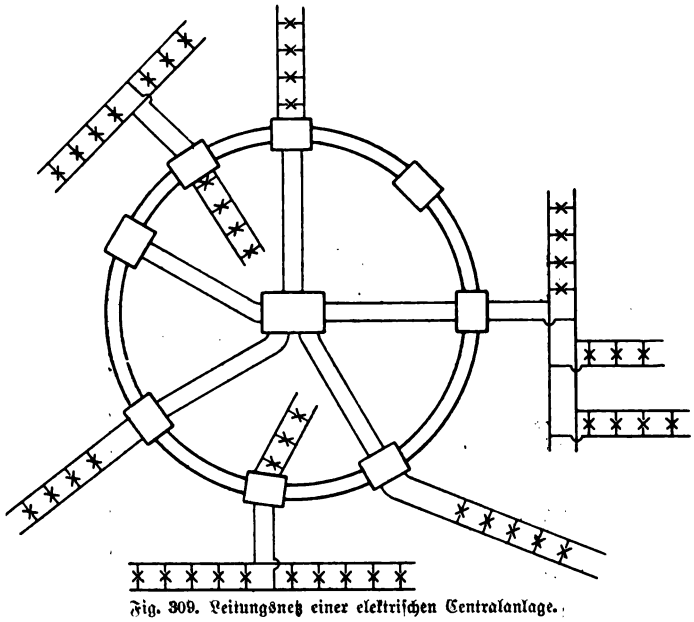


Fig. 309. Leitungsnetz einer elektrischen Centralanlage.

Ueber die Punkte, welche bei den Installationen von Starkstromanlagen besonders zu beachten sind, sowohl bezüglich der Verwendung von Leitungen und Apparaten, als auch der Anschlüsse von Glühlampen, Bogenlampen und Motoren, sind von dem Verbande Deutscher Elektrotechniker maßgebende Vorschriften und beachtenswerthe Regeln zusammengestellt, welche unter dem Titel

a) „Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstrom-Anlagen" (giltig für Spannungen bis 250 Volt) und

b) „Sicherheitsvorschriften für elektrische Hochspannungs-Anlagen"

im Buchhandel käuflich herausgegeben sind.

Apparate für elektrische Starkstromanlagen.

1. Ausschalter und Umschalter.

Fig. 310. Einfacher Ausschalter.

Fig. 311. Dreipoliger Ausschalter.

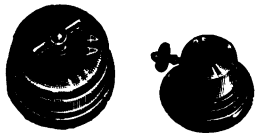


Fig. 312. Installations-Ausschalter.

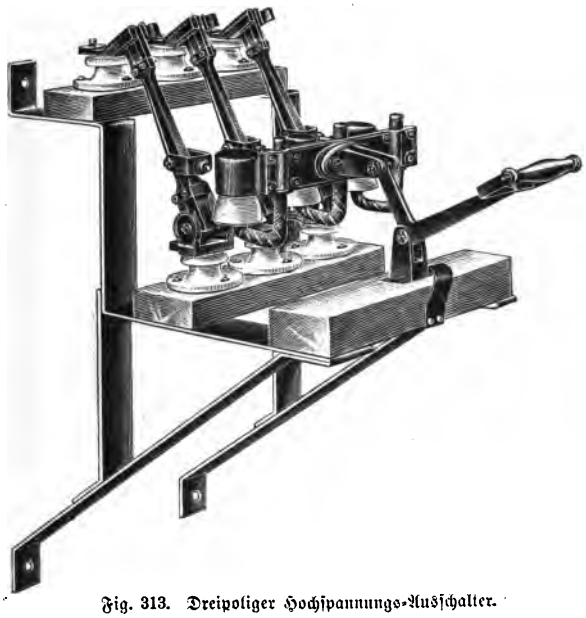


Fig. 313. Dreipoliger Hochspannungs-Ausschalter.

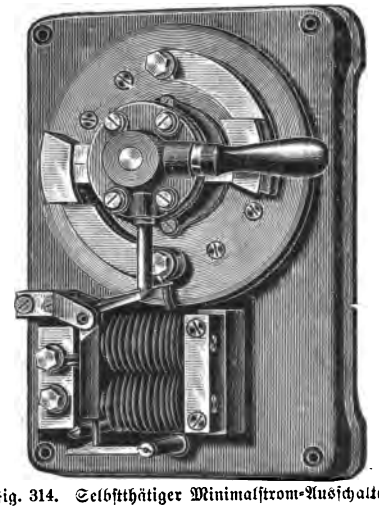


Fig. 314. Selbstthätiger Minimalstrom-Ausschalter.

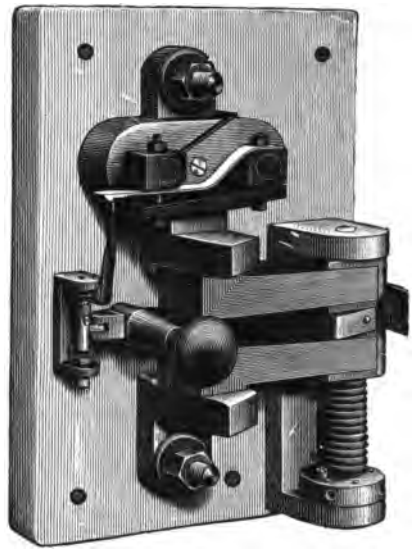


Fig. 315. Selbstthätiger Maximalstrom-Ausschalter.

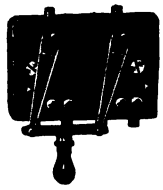


Fig. 316. Umschalter für Spannungsleitungen.

Fig. 317. Umschalter für starke Ströme.

2. Sicherungen und Blitzableiter.

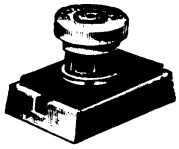


Fig. 318. Installationssicherung ohne Schutzkappe.

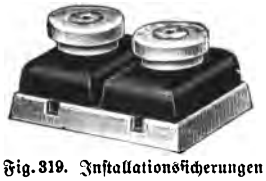


Fig. 319. Installationssicherungen mit Schutzkappen.

Fig. 320. Vertheilungssicherung, doppelpolig mit zwei Abzweigkreisen.

Fig. 321. Bleisicherung für starke Ströme.

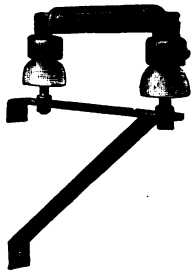


Fig. 322. Sicherung für Hochspannung.

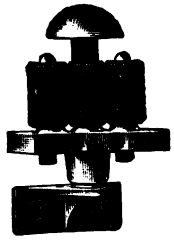


Fig. 324. Walzenblitzableiter für Wechselstrom.

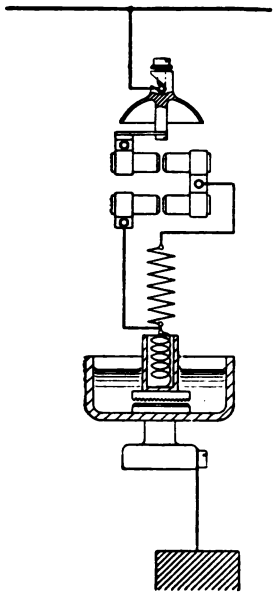


Fig. 323. Schaltung eines Blitzableiters für Starkstromanlagen mit Gleichstrom.

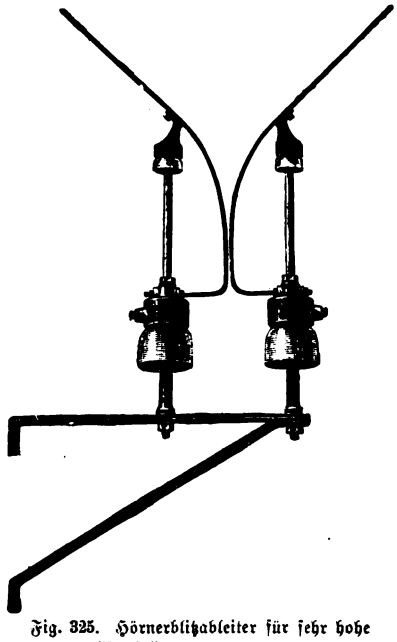


Fig. 325. Hörnerblitzableiter für sehr hohe Wechselstrom-Spannungen.

3. Isolatoren, Rollen, Klemmen, Wanddurchführungen.

Fig. 326. Isolator mit Doppelglocke.

Fig. 327. Isolator mit Dreifachglocke.

Fig. 328. Isolator mit gerader Stütze.

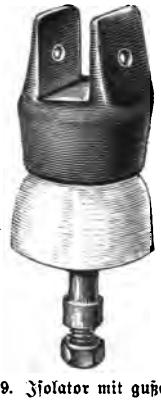


Fig. 329. Isolator mit gußeiserner Kappe.

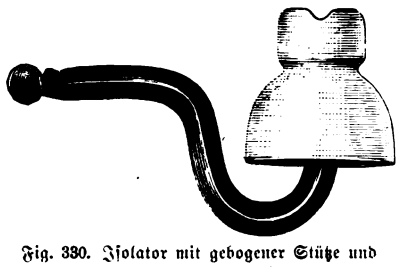


Fig. 330. Isolator mit gebogener Stütze und Steinschraubengewinde.

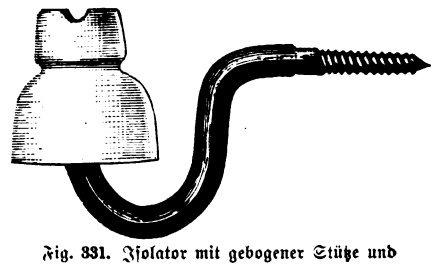


Fig. 331. Isolator mit gebogener Stütze und Holzschraubengewinde.

Fig. 332. Porzellanrollen mit Flacheisen.

Fig. 333. Porzellanrollen mit Dübel.

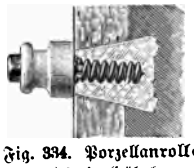


Fig. 334. Porzellanrolle mit Spiraldübel.

Fig. 335. Porzellan-Doppelklemmen.

Fig. 336. Porzellan-Schienenklemme.

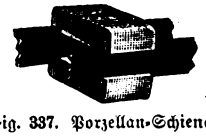


Fig. 337. Porzellan-Schienendoppelklemme.

Fig. 338. Porzellanhülsen.

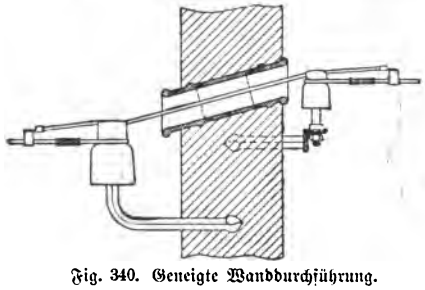


Fig. 340. Geneigte Wanddurchführung.

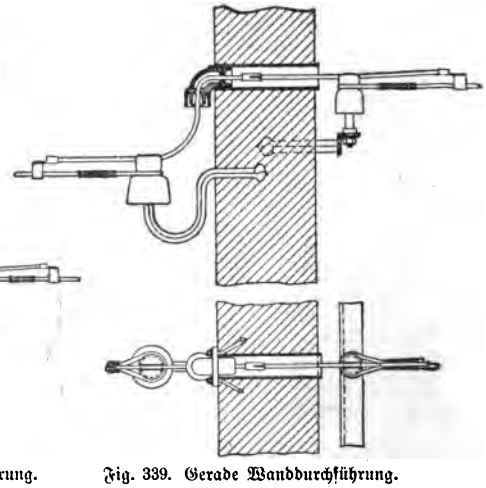


Fig. 339. Gerade Wanddurchführung.

4. Verbindungsklemmen, Kabelschuhe, Leitungsabzweigkasten.

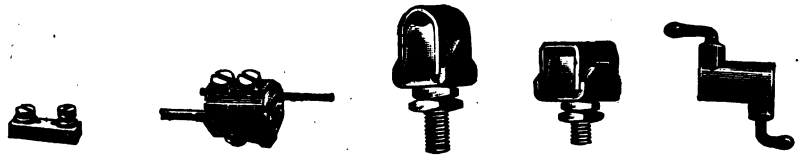


Fig. 341. Verbindungsklemmen.

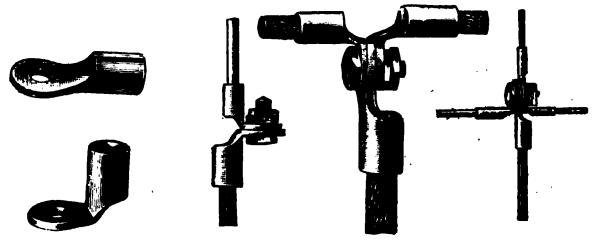


Fig. 342. Kabelschuhe und Beispiel ihrer Verwendung.

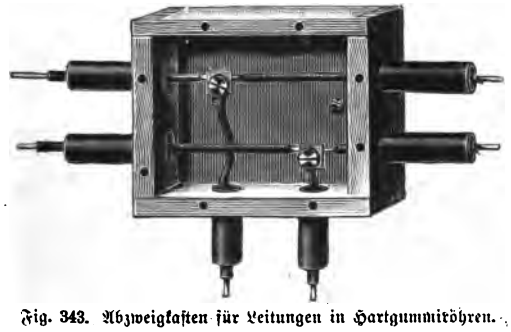


Fig. 343. Abzweigkasten für Leitungen in Hartgummiröhren.

5. Starkstromkabel und Zubehör.

Fig. 344. Einfaches Bleikabel.

Fig. 345. Einfaches Bleikabel mit Prüfdraht.

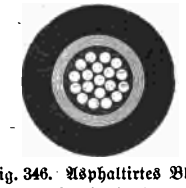


Fig. 346. Asphaltirtes Bleikabel (einfach).

Fig. 347. Asphaltirtes Bleikabel (konzentrisch).

Fig. 348. Einfaches Bleikabel mit Eisenbandbewehrung.

Fig. 349. Konzentrisches Bleikabel mit Eisendrahtbewehrung.

Fig. 350. Verseiltes Doppelbleikabel mit Eisenbandbewehrung und Prüfdrähten.

Fig. 351. Verseiltes dreifaches Bleikabel mit Eisenbandbewehrung und Prüfdrähten.

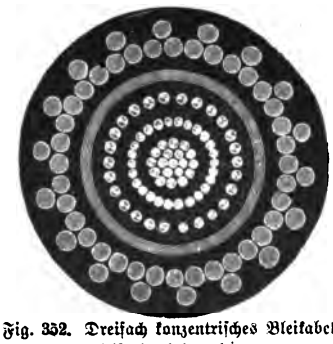


Fig. 352. Dreifach konzentrisches Bleikabel mit Eisendrahtbewehrung.

Fig. 353. Konzentrisches Bleikabel mit Eisenband- und doppelter Eisendrahtbewehrung.

Fig. 354. Kabel-Endverschlüsse.

Fig. 355. Kabel-Abzweigmuffe mit Sicherung und Muffendeckel.

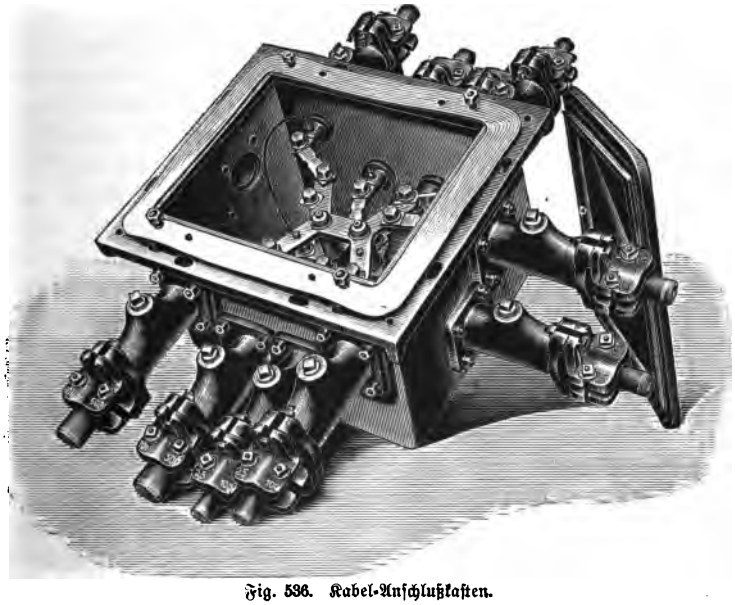


Fig. 536. Kabel-Anschlußkasten.

6. Elektrische Kraftübertragung und Kraftvertheilung.

Mannigfaltigkeit der Kraftübertragungen.

Die Anlagen elektrischer Kraftübertragung sind ebenso vielseitig wie die Beleuchtungsanlagen. Je nach der Größe der zu übertragenden Arbeiten und nach der Entfernung zwischen Erzeugungs- und Verbrauchsstation und je nach den verschiedenen Bedingungen, unter denen die elektrischen Betriebe arbeiten müssen, ist die Wahl der Motoren, der Spannung und der Stromzuführung zu treffen, während die Leitungsanlage sich von der einer Beleuchtungsanlage nicht wesentlich unterscheidet. Es ist sowohl Gleichstrom als auch Wechselstrom verwendbar, letzterer jedoch hauptsächlich als Mehrphasenstrom (Drehstrom). Vergl. Seite 130.

Zuweilen wird die gesammte Kraft nach einer Stelle auf einen einzelnen Motor übertragen, z. B. wird häufig die mechanische Energie einer Wasserkraft durch Turbine und Drehstromgenerator in elektrische Energie von hoher Spannung umgewandelt. Diese wird durch drei Leitungen einem entfernt stehenden Drehstrommotor zugeführt, welcher eine Gleichstromdynamomaschine antreibt, die nun ihrerseits ein Gleichstromleitungsnetz speist; oder aber die Energie wird nach vielen einzelnen Stellen hin vertheilt, z. B. in einer Fabrik nach den Antriebsmotoren der verschiedenen Werkzeugmaschinen und Transmissionen (Einzel- und Gruppenantrieb). Meist sind die Motoren stationär aufgestellt, vielfach aber auch in lokomobilen Anlagen (Bahnbetrieb). Oft wird ganz gleichmäßige Umdrehungszahl verlangt, oft stark variable Geschwindigkeit und Anzugskraft, oft Dauerbetrieb, oft intermittirender Betrieb mit gleichbleibender oder wechselnder Drehrichtung. Zur Erfüllung aller dieser Bedingungen werden die Seite 126 geschilderten vielseitigen Eigenschaften der verschiedenen Motoren mitsammt den Nebenapparaten ausgenutzt.

Elektrischer Antrieb in Fabriken und landwirthschaftlichen Betrieben, auf Schiffen und in Bergwerken.

In Fabriken und landwirthschaftlichen Betrieben finden Elektromotoren die mannigfachste Verwendung zum Antrieb von Werkzeugmaschinen, Ventilatoren, Pumpen, Laufkrähnen, Drehkrähnen, Schiebebühnen, Aufzügen für Lasten und Personen, Centrifugen, Dreschmaschinen, Pflügen ꝛc. Auf Schiffen finden wir Ladewinden, Drehkrähne, Ankerspills, Pumpen, Ventilatoren, Schwenkwerke, Munitionsaufzüge, Bootswinden und Steuerrudermaschinen durch Elektromotoren angetrieben; in Bergwerken: Förderwinden, Ventilatoren, Gesteinsbohrmaschinen (Stoß- und Drehbohrmaschinen) und Grubenlokomotiven. Fig. 357 bis 360.

Elektrische Eisenbahnen.

Ganz besondere Bedeutung und häufige Verwendung hat die elektrische Kraftübertragung für den Betrieb von Eisenbahnen im örtlichen und Fernverkehr. Fig. 361 bis 366.

Die Centralstationen für elektrischen Bahnbetrieb sind ähnlich eingerichtet wie Beleuchtungsanlagen. In neuerer Zeit läßt man vielfach zusammen mit den Maschinen Akkumulatoren (sogenannte Bufferbatterien) auf das Leitungsnetz arbeiten, welche die großen Stromschwankungen aufnehmen sollen.

Systeme elektrischer Bahnen.

Man unterscheidet nach der Art des Betriebes und der Stromzuführung verschiedene Systeme.

1. System mit oberirdischer Stromzuführung. Die eine Leitung wird isolirt als blanker Kupferdraht geführt, die Rückleitung bilden die gut leitend miteinander verbundenen Schienen. Der Oberleitung wird der Strom meist durch Speisekabel an verschiedenen Stellen zugeführt. Von der Leitung wird der Strom durch Rolle oder Bügel abgenommen und dem Motor zugeführt, von da geht er durch die Räder in die Schienen und zur Station zurück.

2. System mit unterirdischer Stromzuführung. In einem Kanal unter Pflaster werden die Leitungen auf Isolatoren längs der Strecke geführt, der Strom wird durch Kontaktschlitten abgenommen.

3. System mit Akkumulatorenbetrieb. In dem Wagen unter den Sitzen ist die Akkumulatorenbatterie aufgestellt; sie wird an bestimmten Stationen geladen und kann dann direkt die Motoren antreiben. Eine Stromzuführung ist nicht erforderlich, es muß aber das große Gewicht der Batterie mitgeführt werden.

4. System mit gemischtem Betriebe. Die Wagen erhalten eine kleinere Akkumulatorenbatterie und sind außerdem für oberirdische Stromzuführung eingerichtet. Im Innern der Stadt treiben die Akkumulatoren die Wagen, außerhalb der Stadt wird der Strom durch die Leitung zugeführt, treibt die Motoren und ladet die Akkumulatoren wieder.

5. System mit Drehstrommotoren, geeignet für große Entfernungen. Man kann mit hoher Spannung die elektrische Energie an Transformatoren längs der Strecken abgeben. Die Transformatoren formen die Energie in solche von niedriger Spannung für die Motoren (etwa 500 Volt) um. Man braucht drei Zuleitungen, von denen eine durch die Schienen gebildet werden kann (noch verhältnißmäßig selten ausgeführt).

6. System mit elektrischer Lokomotive (für Fernverkehr und große Geschwindigkeit). Die Lokomotive enthält Dampfmaschine und Dynamomaschine. Der von letzterer erzeugte Strom wird den Motoren der einzelnen Wagen des Zuges zugeführt.

Bahnmotoren.

Für Bahnzwecke verwendet man meist Hauptstrommotoren, weil sie eine große Anzugskraft entwickeln und ihre Geschwindigkeit nach der Belastung stark variiren. Die Motoren müssen kräftig und betriebssicher gebaut sein, abgeschlossen gegen Staub und Feuchtigkeit. Sie werden einzeln oder zu zweien je 15 bis 25 pferdig bei 500 bis 700 kg Gewicht unter dem Wagen angebracht, wobei die Anker entweder direkt auf der Radachse sitzen können oder die Uebertragung der Bewegung durch Zahnräder geschieht.

Hülfs- und Sicherheitsapparate.

Als nothwendiges Zubehör zum Motor ist der Anlaß- und Regulirwiderstand zu betrachten, der vom Wagenführerstand aus durch den sogenannten Kontroler (Schalter) bedient wird. Dieser schaltet den Strom aus und ein, kehrt die Drehrichtung um, und regulirt die Geschwindigkeit. Gewöhnlich gestattet er auch, in Fällen plötzlicher Gefahr ein energisches Bremsen des Wagens durch den elektrischen Strom. Um Störungen durch Gewitterentladung zu vermeiden, sind Blitzableiter auf dem Wagen angebracht; gegen die schädlichen Wirkungen leicht auftretender Kurzschlüsse wendet man Bleisicherungen und selbstthätig wirkende Maximalstromausschalter und einen in der Nähe des Wagenführers befindlichen Handausschalter an.

Die Wagenbeleuchtung läßt sich leicht elektrisch einrichten; es müssen dann der höheren Spannung der Bahnanlagen (500 bis 750 Volt) entsprechend mehrere Glühlampen hintereinandergeschaltet werden.

Beiſpiele elektriſcher Kraftübertragung.

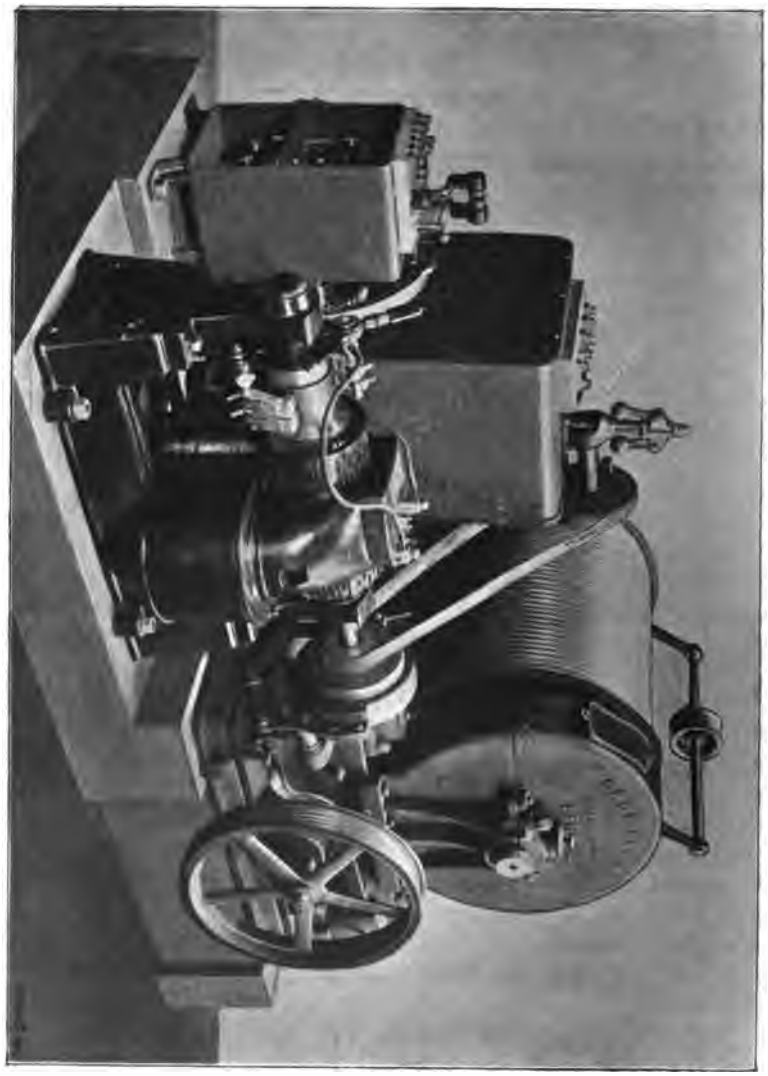


Fig. 357. Elektriſch betriebene Aufzugswinde mit Motor, Umſteuerung und Selbſtanlaſſer.

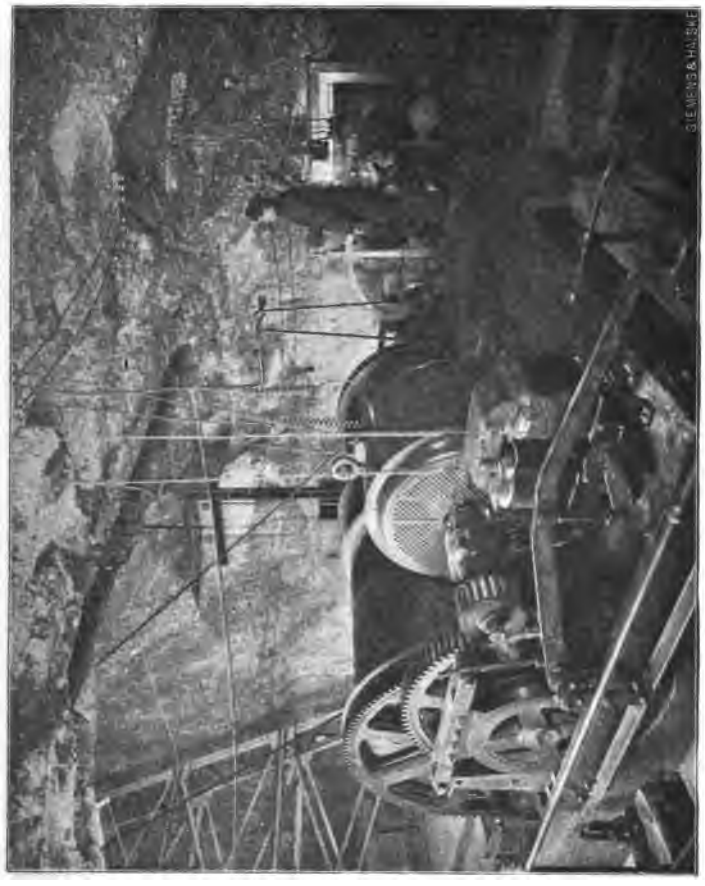


Fig. 388. Elektrisch betriebener Förderhaspel.

Beiſpiele elektriſcher Kraftübertragung.

Fig. 357. Elektriſch betriebene Aufzugswinde mit Motor, Umſteuerung und Selbſtanlaſſer.

Fig. 358. Elektrisch betriebener Förderschacht.

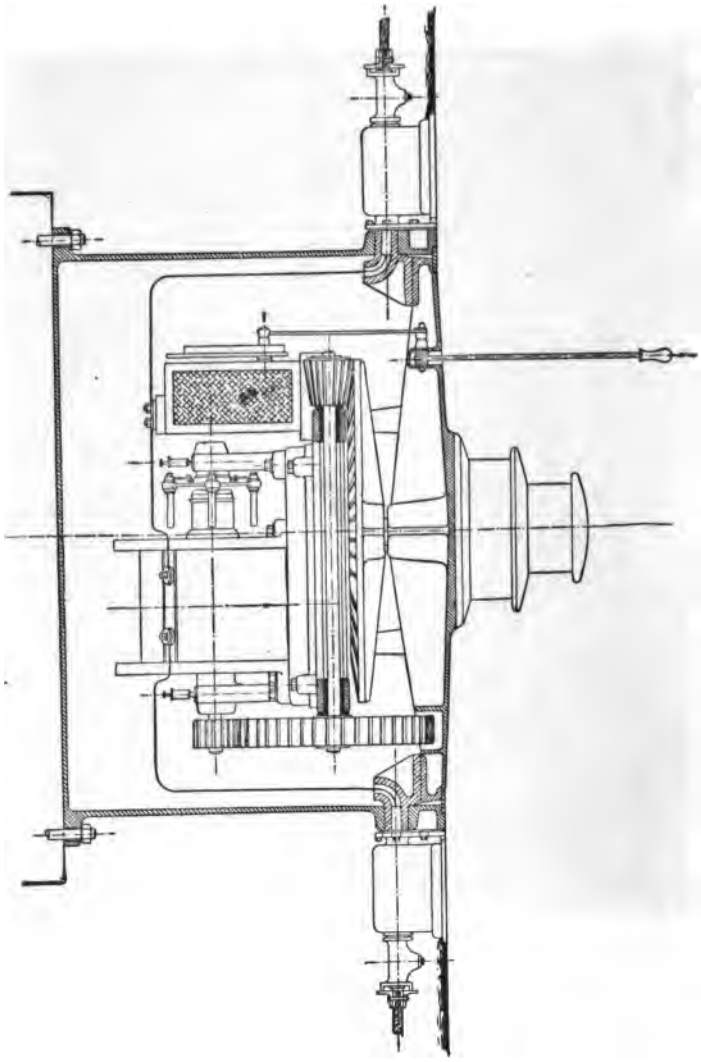


Fig. 359. Elektrisch betriebenes Spill.

Fig. 360. Elektrisch betriebene Gesteinsbohrmaschine mit Motorkasten und biegsamer Welle.

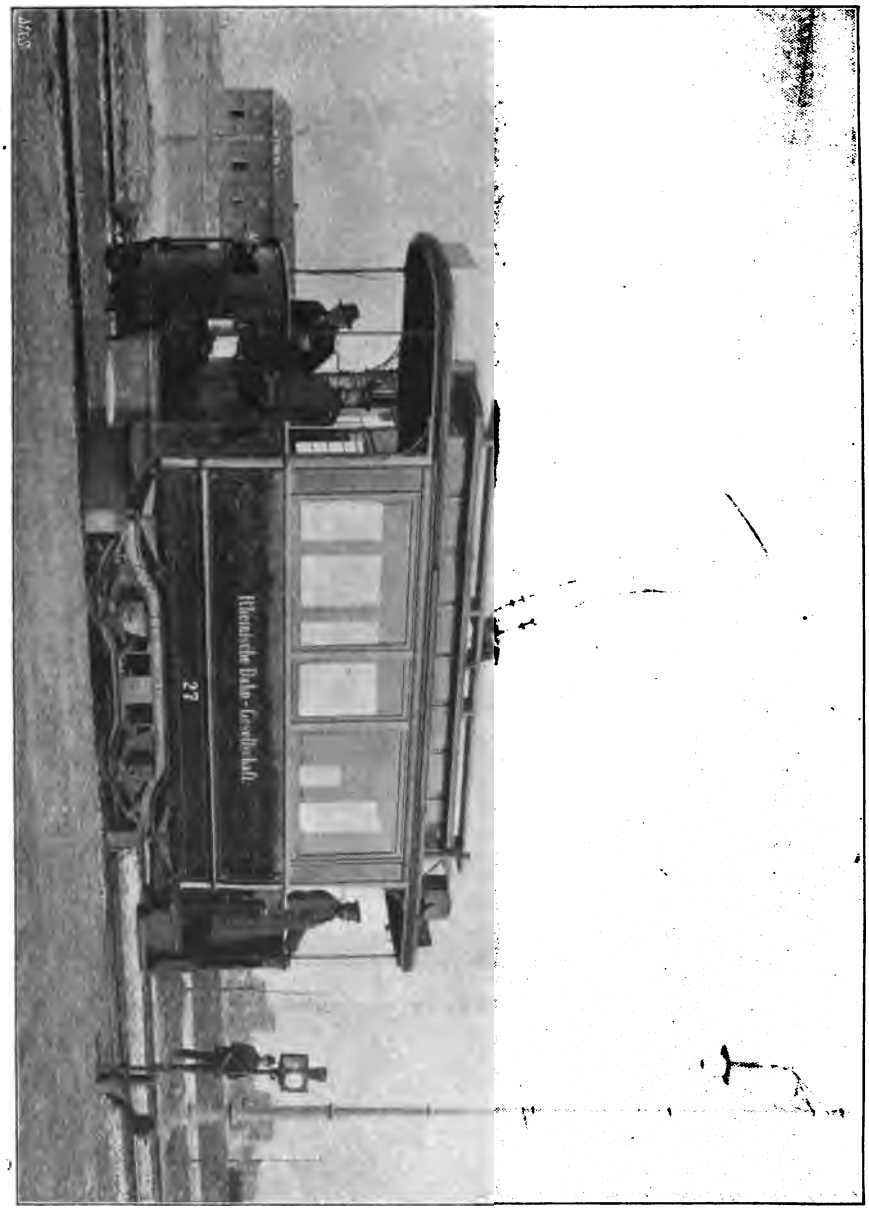


Fig. 361. Elektrischer Bahnwagen mit oberirdischer Stromzuführung durch Bügel.

Fig. 362. Elektrische Grubenlokomotive

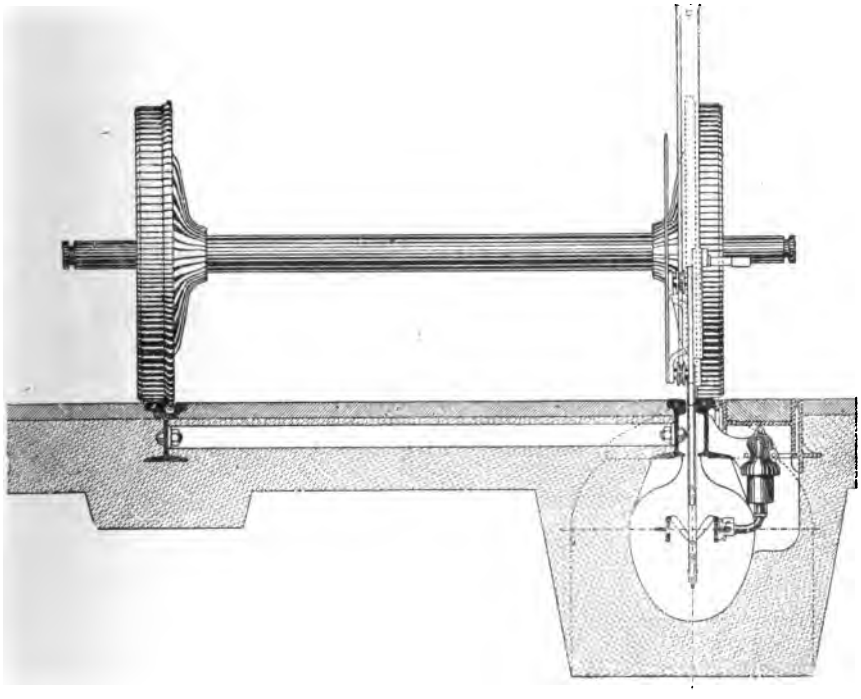


Fig 363. Unterirdische Stromzuführung. Querschnitt durch den Leitungskanal.

Fig. 364. Bahnmotor (geschlossen).

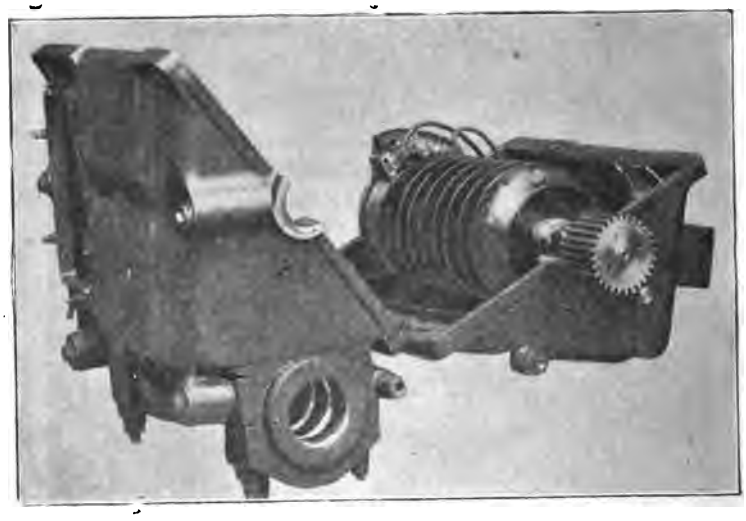


Fig. 365. Bahnmotor (geöffnet).

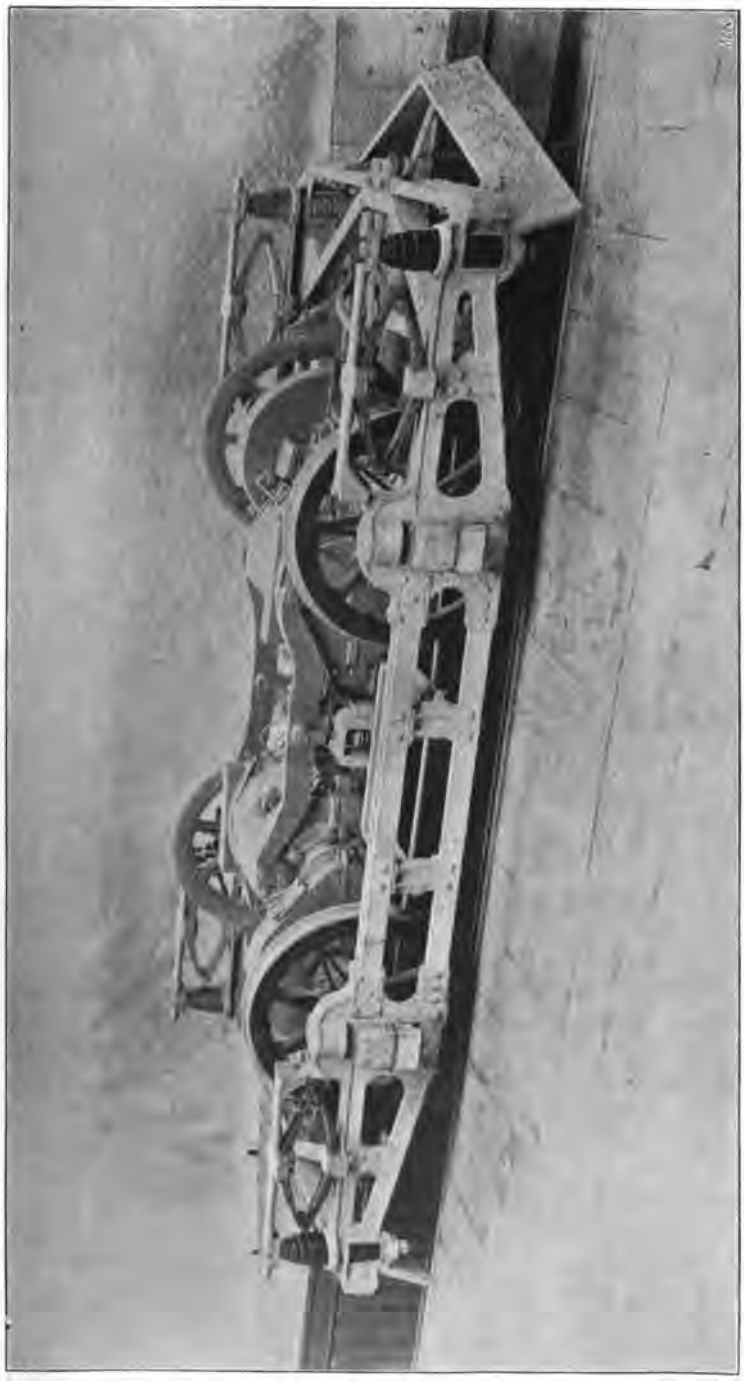


Fig. 367. Wagenuntergestell mit eingebauten Elektromotoren.

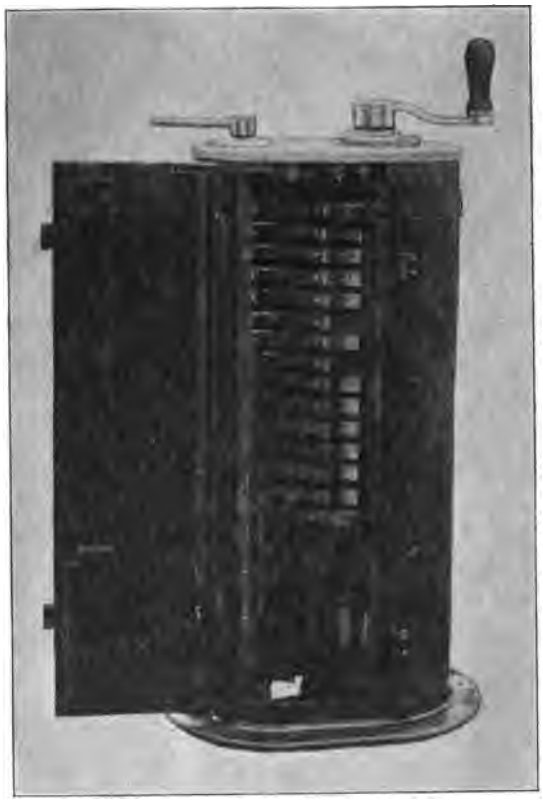


Fig. 366. Kontroler für elektriſchen Bahnbetrieb.

Anhang.

I. Blitzableiteranlagen.

Allgemeines.

Wie man Telegraphen-, Telephon- und Starkstromanlagen, welche an Luftleitungen angeschlossen sind, durch geeignete Vorrichtungen vor der zerstörenden Wirkung der Gewitterentladungen zu schützen sucht, ebenso bringt man auch an Gebäuden zum Schutze derselben gegen Blitzgefahr Blitzableiter an. Ihre Wirksamkeit besteht darin, daß sie der elektrischen Entladung einen bequemen Weg auf vorgeschriebener Bahn zur Erde bieten.

Konstruktion und Theile einer Blitzableiteranlage.

Eine Blitzableiteranlage besteht im Wesentlichen aus den Auffangstangen, der Leitung und der Erdverbindung.

Die Auffangstange.

Die mit einer oder mehreren Metallspitzen versehenen Auffangstangen (Rundeisen, Eisenrohr, Fahnenstange mit Leitung) haben in der Regel eine Länge von zwei bis vier Metern, sie werden auf dem Dachfirst oder an den sonstigen höchsten und hervorragenden Punkten der Gebäude befestigt. Die Zahl und Anordnung derselben richtet sich nach der Größe des Daches und nach der Bauart des Gebäudes.

Einen Kreiskegel, dessen Spitze in der Spitze der Auffangstange liegt, nennt man ihren Schutzraum. Je nachdem der Radius des Grundkreises gleich der Höhe der Stange oder doppelt oder dreifach so groß ist, nennt man den Schutzraum einfach oder zweifach oder dreifach.

Es gelten folgende Regeln:

a) die höchst gelegenen Ecken eines Gebäudes sollen im 1 bis $1^1/_2$ fachen, die tiefer gelegenen im $2^1/_2$ fachen Schutzraum liegen;

b) die höchst gelegenen Kanten im zweifachen, die tieferen im dreifachen Schutzraum;

c) alle Punkte der höchsten Dachflächen im dreifachen, oder wenn sie durch Luftleitungen gedeckt sind, im vierfachen Schutzraum;

d) alle kleineren vorspringenden Theile eines Gebäudes sollen in den einfachen Schutzraum einer Auffangspitze fallen.

Die Leitung.

Von der Auffangstange führt eine gut leitend mit der Spitze verbundene Kupfer- oder Eisenleitung an Dach und Wänden des Gebäudes herunter auf kürzestem Wege bis nahe über den Erdboden. Der Querschnitt der Kupfer-

leitung wird zwischen 30 und 70 qmm gewählt, der Querschnitt der verzinkten Eisenleitung zwischen 60 und 150 qmm. Die Befestigung der Leitung längs der Gebäude geschieht durch Leitungsstützen, welche nicht isolirt in das Mauerwerk eingeschlagen werden. Eisenkonstruktionen und metallische Rohrleitungen und Bekleidungen der Gebäude können zweckmäßig mit diesen Luftleitungen verbunden werden.

Statt weniger hoher kann man auch eine größere Anzahl niedriger, untereinander leitend verbundener Auffangstangen anwenden. Für besondere Fälle zieht man auch wohl ein isolirtes Netz von Leitungsdrähten über das Dach des Gebäudes und führt von dort an vielen Punkten Ableitungen zu Boden.

Die Erdverbindung.

Große Aufmerksamkeit ist darauf zu verwenden, daß der Uebergang der Luftleitung zur Erde einen geringen Widerstand erhält. Man schließt deshalb an die Leitungen Eisen- oder Kupferplatten von etwa 1 qm einseitiger Oberfläche an, die in Grundwasser eingetaucht sind. Auch Gas- und Wasserleitungen pflegt man mit der Leitung zu verbinden. Wo weder Grundwasser zu erreichen ist, noch Gas- oder Wasserleitungen vorhanden sind, stellt man die Platten in Gruben und stampft zu beiden Seiten zerkleinerte Koksstücke herum.

Statt der Platten verwendet man auch Drahtnetze und Spiralen. Der Anschluß zwischen Leitung und Erdplatte soll leicht lösbar sein für Meßzwecke. Der aus der Erde herauskommende Draht ist mit einem eisernen Schutzrohr einige Meter hoch zu umkleiden.

Widerstand der Leitung und Erdverbindung.

Der Widerstand der Leitung von der Spitze der Auffangstange bis zum Anschluß an die Erdplatte wird bei gutem Zustande weniger als 1 Ohm betragen. Der Erdleitungswiderstand hängt sehr von der Bodenbeschaffenheit ab. In wasserreichem Boden kann er bis unter 10 Ohm heruntergehen, in weniger feuchtem Erdreich wird er jedoch bis 40 und 50 Ohm betragen. Darüber hinaus sollte man Widerstände nicht zulassen.

Prüfung der Anlage.

Sogleich nach Fertigstellung und später in regelmäßigen Zwischenräumen ist eine genaue Untersuchung der Anlage erforderlich.

Die Leitung ist eingehend zu besichtigen (entferntere Stellen durch Fernrohr oder Opernglas), ob etwa schadhafte Stellen zu entdecken sind, und auf Stromfähigkeit durch Galvanoskop und Batterie oder noch besser auf Widerstand durch Messung zu untersuchen.

Der Erdwiderstand kann nur durch Messung sachgemäß geprüft werden mit Hülfe von Meßbrücke und Rheostat (vergl. S. 28), entweder mit Wechselstrom und Telephon oder mit starker Gleichstrombatterie, wo bei den Messungen die Stromrichtung zu wechseln und aus den erhaltenen Werthen das Mittel zu nehmen ist. Fig. 368 und 369.

Man bedient sich zur Messung außerdem der sogenannten Hülfserden — zwei getrennte, unveränderliche Erdplatten oder eine Kupferplatte mit ver-

änderlicher Oberfläche (durch Zusammenlegen), deren Verhältniß der Ausbreitungswiderstände bekannt ist.

Bei der ersten Methode werden beispielsweise die beiden Hülfserden P_2 und P_3 je 10 m von der zu untersuchenden Erdplatte P_1 entfernt in die Erde gegraben; alsdann werden je zwei Erdplattenwiderstände mit der Brücke gemessen. Es sei

$$P_1 + P_2 = R_{1,2};\quad P_2 + P_3 = R_{2,3};\quad P_3 + P_1 = R_{3,1},$$

so läßt sich aus diesen drei Gleichungen der gesuchte Werth von P_1 aus den beobachteten Widerständen $R_{1,2}$, $R_{2,3}$ und $R_{3,1}$ durch die Formel

$$P_1 = {}^1/_2\,(R_{1,2} - R_{2,3} + R_{3,1})$$

finden.

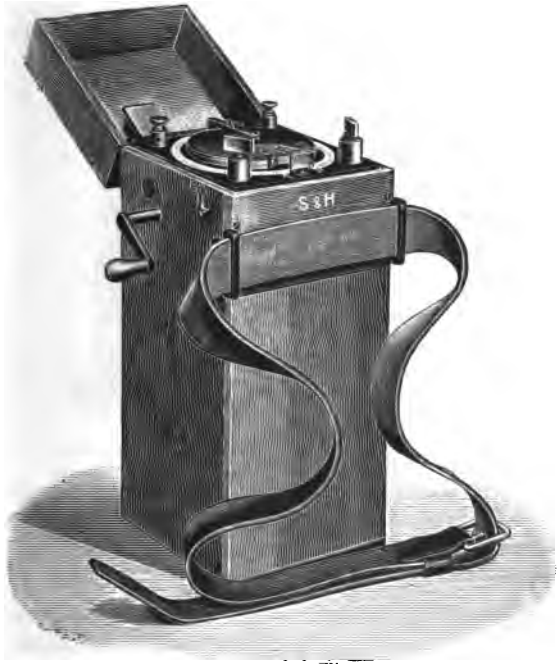


Fig. 368. Telephon-Meßbrücke zur Prüfung von Blitzableitern.

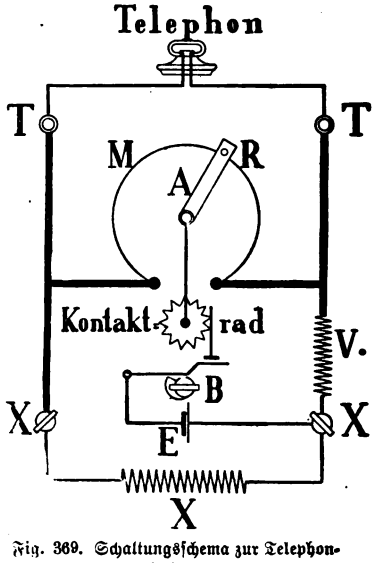


Fig. 369. Schaltungsschema zur Telephon-Meßbrücke.

II. Elektrische Minenzündung.

Allgemeines.

Die elektrische Minenzündung arbeitet mit großer Sprengsicherheit. Sie kann so eingerichtet werden, daß sie vollständig gefahrlos für die damit beschäftigten Personen verläuft; sie gestattet die gleichzeitige und dadurch wirkungsvollere Entzündung einer größeren Anzahl von Minen — auch unter Wasser — aus der Entfernung zu einer bestimmten Zeit.

Haupttheile einer Minenzündanlage.

Die Haupttheile einer elektrischen Minenzündanlage sind: der Zünder, die Elektrizitätsquelle und die Leitung.

Je nach der Art der elektrischen Zündung unterscheidet man Glühzündung und Funkenzündung.

Glühzündung.

Bei der Glühzündung werden dünne Metalldrähte durch den elektrischen Strom zum Glühen gebracht; bei der Funkenzündung läßt man zwischen den Enden zweier Leitungsdrähte einen elektrischen Funken überspringen.

Ein dünner Metalldraht — meist Platin oder Platin-Iridiumlegirung — von 0,02 bis 0,05 mm Durchmesser und 5—15 mm Länge wird durch einen Zinntropfen an die Zuleitungsdrähte gelöthet und in eine Kapsel mit dem Zündsatz gesteckt. Neuere Glühzünder bestehen aus einer mit Zündmasse gefüllten Kupferkapsel, welche beim Erglühen eines dünnen, eingespannten Platindrahtes zerplatzt und dadurch das Sprengmittel (Dynamit, Sprengelatine, Roburit) zur Explosion bringt. Die Zünder für Pulver haben diese metallene Sprengkapsel nicht. Fig. 370.

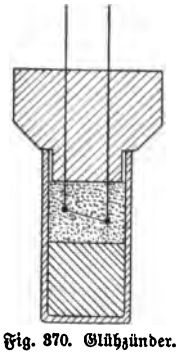


Fig. 370. Glühzünder.

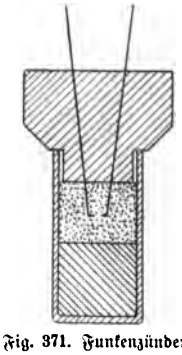


Fig. 371. Funkenzünder.

Fig. 372. Leitungsprüfer.

Der Widerstand eines Glühzünders beträgt 0,1 bis 3 Ohm, die zum Zünden erforderliche kleinste Stromstärke schwankt zwischen 0,2 und 0,5 Ampère.

Die Glühzünder ermöglichen eine Prüfung der Anlage mit schwachem Strom. Ein handlicher Prüfer für Glühzündleitungen (Fig. 372) besteht aus einem Galvanoskop von hohem Widerstand und einem kleinen, auswechselbaren Trockenelement. Der Apparat kann in einem Lederfutteral am Riemen getragen werden.

Geringe Isolationsfehler in einer Glühzündleitung sind ohne Bedeutung, da nur mit verhältnißmäßig kleinen Spannungen gearbeitet wird.

Funkenzündung.

Ein U-förmig gebogener Messing- oder Kupferdraht wird in isolirende Masse fest eingebettet. Die Biegungsstelle wird mit einer Scheere oder feinen Säge durchschnitten; die Breite des Schnittes variirt zwischen 0,2 und 0,05 mm, nach ihr richtet sich die Empfindlichkeit des Zünders. Der Widerstand beträgt je nach der Zündspalte und der Leitungsfähigkeit des Zündsatzes zwischen 1000 und 4 000 000 Ohm. Man kann auch isolirte Drähte

fest zusammendrillen und das Ende mit der Zange abkneifen, um die unveränderliche Funkenstrecke herzustellen. Fig. 371.

Im Uebrigen ist der Funkenzünder gleich dem Glühzünder konstruirt. Die Funkenzündung gestattet eine große Anzahl von Minen gleichzeitig zu entzünden. Die Größe des Leitungswiderstandes ist unwesentlich, dagegen sind Isolationsfehler von großem Einfluß. Eine elektrische Prüfung der fertigen Anlage ist nicht möglich.

Elektrizitätsquellen.

Bei Funkenzündung ist eine hohe elektromotorische Kraft erforderlich, daher verwendet man dazu meist Reibungselektrisirmaschinen, oder, da diese durch die Witterung störend beeinflußt werden, Induktionsapparate und magnetelektrische Induktoren. Fig. 373.

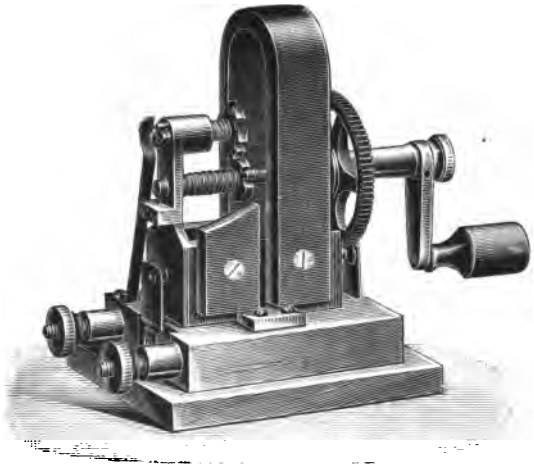


Fig. 373. Induktionsapparat für Funkenzündung.

Die Glühzündung erfordert größere Elektrizitätsmengen, man verwendet deshalb dazu galvanische Batterien oder Sammlerbatterien, namentlich aber auch mit bestem Erfolg dynamoelektrische Maschinen, nachdem das Funktioniren derselben von der Kraft und Geschicklichkeit des Bedienenden unabhängig gemacht ist. Die erforderliche Energiemenge wird vor der Sprengung durch Federkraft aufgespeichert. Durch Druck auf einen Knopf wird die Feder ausgelöst und im Augenblick der größten Erregung der Dynamomaschine die Sprengleitung selbstthätig geschlossen. Das Gewicht guter Apparate dieser Art beträgt nur noch 9 bis 10 kg gegen 30 kg älterer Ausführungen. Fig. 374 und 375.

Leitungen.

Für die Leitungen in einer Glühzündanlage ist der gut leitende Kupferdraht zu verwenden. Derselbe muß einen derartigen Querschnitt haben, daß der Effektverlust in der Leitung nicht zu groß wird.

Für Funkenzündung kann auch Eisen- oder Messingdraht benutzt werden, da der Leitungswiderstand wenig in Betracht kommt. Für den Querschnitt

des Drahtes wird in diesem Fall meist seine mechanische Festigkeit maßgebend sein.

Fig. 374. Selbstthätiger dynamoelektrischer Minenzündapparat.

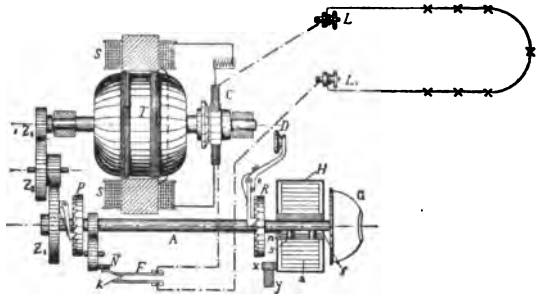


Fig. 375. Schema des selbstthätigen Minenzündapparates.

Fig. 376. Minenzündkabel.

Die Isolation der Leitung soll in beiden Fällen gut sein, insbesondere bei der Funkenzündung. Bei Verwendung blanker Drähte muß jedenfalls die Hinleitung auf Isolatoren verlegt werden. Minenzündkabel haben über dem Leitungsdraht eine isolirende Guttaperchaschicht, die noch von einer oder

zwei Lagen Naturgummi und Isolirband umgeben ist; das Ganze ist mit einer imprägnirten Umklöppelung versehen. Diese Drähte können direkt auf dem Erdboden verlegt werden. Fig. 376.

Unter Wasser bieten Guttaperchadrähte meist genügende Isolation. Sind dieselben aber leicht Beschädigungen ausgesetzt, so sind sie noch mit schützender Blei- und Eisendrahthülle zu umgeben.

Zwei Guttaperchadrähte verbindet man miteinander, indem man zunächst die bloßgelegten Leiter durch Verflechten und Verlöthen gut vereinigt. Die Verbindungsstelle wird alsdann mit erweichter Guttapercha umhüllt. Darüber wird ein Kautschukröhrchen geschoben und an den Enden fest verschnürt.

Ueber die Prüfung der Leitungen auf Isolation gelten die Vorschriften und Methoden auf Seite 74 und ff.

Litteratur.

A. Im Buchhandel zu beziehen:

Graetz. Die Elektrizität und ihre Anwendungen.
Grawinkel und Strecker. Hülfsbuch für die Elektrotechnik.
Uppenborn. Kalender für Elektrotechniker.
Grawinkel und Strecker. Die Telegraphentechnik.
Canter. Der technische Telegraphendienst.
Canter. Die Technik des Fernsprechwesens.
Lewerenz. Hülfsbuch für die Telegraphen- und Fernsprechtechnik.
Mix & Geneſt. Anleitung zum Bau elektrischer Haustelegraphen-, Telephon- und Blitzableiteranlagen.
v. Gaisberg. Taschenbuch für Monteure elektrischer Beleuchtungsanlagen.
Verband deutscher Elektrotechniker.
a) Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen.
b) Sicherheitsvorschriften für elektrische Hochspannungsanlagen.

B. In der Bibliothek des Reichs-Marine-Amts oder der Marine-Artilleriedepots vorhanden:

Beschreibung der in der Reichstelegraphen-Verwaltung gebräuchlichen Apparate nebst einem Heft Figurentafeln. 1888.
Handbuch für Post und Telegraphie.
Entwurf einer Instruktion für die Bedienung der Telephone (Mikrophone) in den Küstenwerken.
Entwurf einer Vorschrift zur Leitung des Feuers in den Küstenwerken.
Anhang zu dem Vorigen, betreffend die Feuerleitung in den Panzerforts der Weserbefestigung. Berlin 1891.
Dienstanweisung für das Fernsprechwesen. 1895.
Entwurf einer Beschreibung und Instruktion für die Bedienung der Kommandoanzeiger. 1890.
Anleitung für die Anlage von Blitzableitern auf Militärhochbauten einschl. Friedenspulvermagazinen. 1893.
Anleitung für die Prüfung der Blitzableiter.
Vorschriften für die Instandhaltung und Erprobung der elektrischen Beleuchtungsanlagen der Haubitzbatterien bei Wilhelmshaven. 1896.
Handbuch für den Betrieb des Beleuchtungswagens nebst zugehörigen Scheinwerfern, Bogen- und Glühlampen. Inspekt. der Mil. Telegr. 1894.

Vorschrift für die Instandhaltung der Beleuchtungswagen mit Außenpol-Dynamomaschinen. Dazu gehört:

Vorschrift für die Instandhaltung der Scheinwerfer mit Doppelstreuer und elektromotorischer Bewegung bezw. der horizontalen Nebenschlußlampe.

Vorschrift für die Instandhaltung der Beleuchtungswagen mit Flachringdynamomaschinen. Dazu gehört:

Vorschrift für die Instandhaltung der Scheinwerfer mit einfachem Streuer und Handbewegung.

Grundzüge für die elektrischen Beleuchtungsanlagen S. M. Schiffe. Dazu gehört: Normalien-Atlas.

Signalanlagen auf Helgoland.

Feuerleitungs-Signalanlagen in der Mörserbatterie bei Cuxhaven.

APR 28 1922

Gedruckt in der Königlichen Hofbuchdruckerei von E. S. Mittler & Sohn,
Berlin SW 12, Kochstraße 68—71.